

# Trabajo Fin de Grado

## Grado en Ingeniería Civil

Levantamiento, modelado y recreación virtual del  
puente de Las Delicias, Sevilla.

Autor: María Sáenz de Rodrigáñez Muñoz

Tutor: Manuel Morato Moreno

**Departamento de Ingeniería Gráfica**  
**Escuela Técnica Superior de Ingeniería**  
**Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2019





Proyecto Fin de Grado  
Grado en Ingeniería Civil

# **Levantamiento, modelado y recreación virtual del puente de Las Delicias, Sevilla.**

Autor:

María Sáenz de Rodrigáñez Muñoz

Tutor:

Manuel Morato Moreno

Profesor titular

Departamento de Ingeniería Gráfica  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2019





Proyecto Fin de Grado: Levantamiento, modelado y recreación virtual del puente de Las Delicias, Sevilla.

Autor: María Sáenz de Rodrigáñez Muñoz

Tutor: Manuel Morato Moreno

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2019

El Secretario del Tribunal



*A mis padres.*

*A mis hermanas.*

*A mis amigos.*



# Agradecimientos

---

Estas líneas van dedicadas sobre todo a mi familia y amigos que han visto mi evolución durante estos años en la Escuela. Agradecer a aquellas personas que día a día han estado a mi lado ayudándome, apoyándome y dándome fuerzas para seguir adelante, ya que sin ellos este trabajo no habría sido posible.

Entre ellos me gustaría destacar a M. Sáenz por ayudarme a conseguir datos sobre el puente y acompañarme a Gerencia de Urbanismo a obtener los planos. También una mención especial a A. Racero y A. Amaya por estar siempre a mi lado y no dejar que abandone nunca.

Muchas gracias.

*María Sáenz de Rodrigáñez Muñoz*

*Sevilla, 2019*



# Resumen

---

El presente trabajo tiene como objetivo principal la reconstrucción virtual del puente de las Delicias, creado para la Exposición Universal de Sevilla en 1992. El software empleado para realizar dicha reconstrucción 3D ha sido SolidEdge.

La información disponible sobre el puente resulta bastante escasa, limitándose a notas informativas sobre su inauguración, aperturas y cierres, y fallos de funcionamiento a lo largo de la vida de la estructura, pero ningún dato sobre su ejecución. Ha sido imprescindible para el desarrollo de este proyecto la colaboración de la Gerencia de Urbanismo del Ayuntamiento de Sevilla, que ha facilitado el proyecto constructivo “PROYECTO DE NUEVOS PUENTES MÓVILES SOBRE LA DÁRSENA DE ALFONSO XIII EN SEVILLA” redactado por VVAA. El proyecto se encontraba en el archivo de la Gerencia únicamente en formato físico, lo que unido a la baja calidad de impresión de los planos ha dificultado el procesamiento de dicha información.

Se ha hecho uso del software AutoCAD para la transcripción y posterior análisis de los planos de proyecto.

El desarrollo del levantamiento con SolidEdge se ha hecho por medio de simetría, realizando la mitad del puente y duplicándolo posteriormente.

En primer lugar, se diseñó la pila 1 del puente, haciendo la mitad y luego realizando simetría, comenzando por los planos inclinados de la cabeza de la pila. Una vez representada la pila de forma maciza, se vació para realizar los distintos compartimentos interiores: sala de máquinas, escalera, etc.

A continuación, se realizaron los tableros viario y ferroviario. Al tratarse de tableros de canto variable, se introdujo el canto mayor, y mediante la herramienta *protusión* se consiguió la variación. Una vez introducido en la pila, se tapó con una capa.

Aplicada la simetría para obtener el puente completo, se completó la torre de control ubicada en la pila 2. Finalmente, se añadieron las barandillas, semáforos y farolas, quedando completa la reconstrucción del puente.

Resulta necesario mencionar que, por falta de documentación más detallada, no se ha podido introducir en el modelo los mecanismos que hacen del Puente de las Delicias un puente móvil.

Paralelamente a la recreación del puente, se ha realizado una labor exhaustiva de documentación sobre el puente, su origen, autores de proyecto, detalles estructurales y constructivos, incidencias... Se ha investigado acerca de otros tipos de puentes móviles llevado a cabo por los diseñadores, dando lugar al presente documento.





# Índice

<b>Agradecimientos</b> .....	<b>i</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>iii</b>
<b>Índice</b> .....	<b>v</b>
<b>Antecedentes Históricos</b> .....	<b>1</b>
1.1 <i>El puente de Alfonso XIII</i> .....	1
1.2 <i>Exposición Universal de 1992</i> .....	4
1.3 <i>Ferrocarril en Sevilla</i> .....	9
<b>Puentes Móviles</b> .....	<b>10</b>
2.1 <i>Puente basculante</i> .....	10
2.2 <i>Puente plegable</i> .....	11
2.3 <i>Puente giratorio</i> .....	11
2.4 <i>Puente rodante</i> .....	12
2.5 <i>Puente balanceador</i> .....	13
2.6 <i>Puente de mesa</i> .....	13
<b>Puente de las Delicias</b> .....	<b>14</b>
3.1 <i>Introducción</i> .....	14
3.2 <i>Estudios previos</i> .....	15
3.2.1 <i>Elección puente fijo – puente móvil</i> .....	15
3.2.2 <i>Elección del tipo de puente móvil</i> .....	16
3.3 <i>Autores del proyecto</i> .....	17
3.3.1 <i>Leonardo Fernández Troyano</i> .....	17
3.3.2 <i>Javier Manterola Armisen</i> .....	17
3.3.3 <i>Obras conjuntas</i> .....	18
3.4 <i>Adjudicación del Proyecto</i> .....	20
3.5 <i>Estudio Geotécnico</i> .....	20
3.5.1 <i>Naturaleza del terreno</i> .....	20
3.5.1.1 <i>Cortes en el terreno. Características geotécnicas</i> .....	20
3.5.1.2 <i>Características geotécnicas de las margas azules</i> .....	22
3.6 <i>Planimetría y elementos del puente</i> .....	23
3.6.1 <i>Tablero</i> .....	24
3.6.2 <i>Pilas y estribos</i> .....	26
3.6.3 <i>Accesos del puente viario</i> .....	29
3.6.4 <i>Maquinaria y equipos para el movimiento de los puentes</i> .....	29
3.7 <i>Proceso constructivo</i> .....	30
3.7.1 <i>Cimentaciones de las pilas del cauce</i> .....	30
3.7.2 <i>Montaje de los tableros</i> .....	31
3.8 <i>Cálculo de la estructura principal y accesos</i> .....	33
3.8.1 <i>Bases de cálculo</i> .....	33
3.8.2 <i>Cálculos de la estructura principal</i> .....	34
3.8.2.1 <i>Cargas en vanos de la estructura principal</i> .....	34

3.8.2.2	Cimentación de las pilas principales en la zona de F.F.C.C. ....	35
3.8.2.3	Cimentación de las pilas principales en la zona de viaria. ....	35
3.8.3	Cálculos de los accesos. ....	36
3.8.3.1	Tablero Zona F.F.C.C. Estribo 1. ....	36
3.8.3.2	Tablero Zona viaria. Estribo 2.....	37
3.9	<i>Plazo de ejecución.</i> .....	38
3.10	<i>Incidencias.</i> .....	38
3.11	<i>Presupuesto.</i> .....	39
3.12	<i>Participantes.</i> .....	39
3.13	<i>Fallos y averías del puente.</i> .....	40
3.14	<i>Modernización del Puente.</i> .....	46
3.15	<i>El Puente en la actualidad.</i> .....	47
<b>Proceso de diseño y modelado .....</b>		<b>48</b>
4.1	<i>BLOQUE I: Búsqueda de información.</i> .....	48
4.2	<i>BLOQUE II: Realización del modelo en 2D mediante AutoCad.</i> .....	48
4.3	<i>BLOQUE III: Realización del modelo en 3D mediante SolidEdge.</i> .....	50
4.4	<i>BLOQUE IV: Visualización del modelo en KeyShot.</i> .....	59
<b>Índice de ilustraciones .....</b>		<b>62</b>
<b>Índice de tablas .....</b>		<b>65</b>
<b>Lista de planos .....</b>		<b>66</b>
<b>Conclusiones .....</b>		<b>798</b>
<b>Bibliografía .....</b>		<b>79</b>





# ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Hasta bien entrado el siglo XIX, como único puente en Sevilla, se encontraba el famoso Puente de Barcas de Triana. Los puentes que van construyéndose en los años posteriores, durante parte final del siglo XIX o a lo largo de todo el siglo XX, hacen visible la necesidad de expansión de dicha ciudad.

Se construyeron nueve puentes en los años comprendidos entre 1989 y 1992, al mismo tiempo que la línea férrea que ahogaba la ciudad era desviada, y permitía asomarse a ésta al río.

## 1.1 El puente de Alfonso XIII.

El puente de Alfonso XIII o puente de Hierro, que atravesaba el canal con su mismo nombre, fue mandado construir por el Rey Alfonso XIII, en 1929, con motivo de la Exposición Iberoamericana.



Ilustración 1. Vista del puente en construcción.

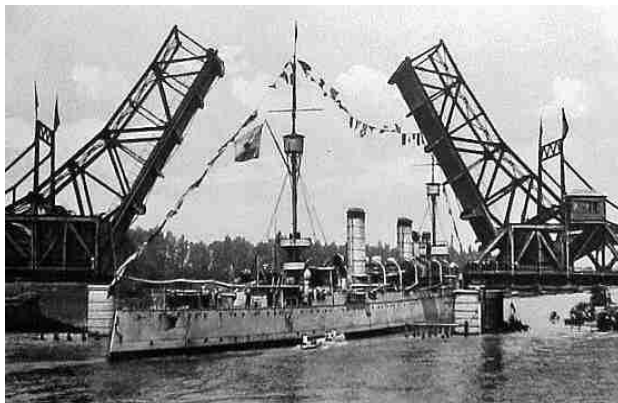


Ilustración 4. Vista del puente durante una crecida.

Fue obra del ingeniero José Delgado Brackenbury en 1926, para unir Sevilla con Tablada, durante la Exposición Iberoamericana. Se construyó debido al aumento del comercio y transporte de mercancías por el río, y al uso del último tramo, llamado muelle de Las Delicias.

El puente fue proyectado con planta oblicua, formando un ángulo de  $56^\circ$  con el río, con objeto de permitir el acceso del ferrocarril con los radios de giros mínimos necesarios.

Se trata de una estructura metálica de 196,4 m de longitud, compuesta por cinco vanos en el cual el central es móvil. El ancho de la calzada es de 8,0 m más dos aceras de 1,5 m.

La estructura móvil, de 56 m, se compone de dos tramos basculantes, resueltos con celosías en ménsulas cuyo cordón superior se curva aumentando su canto hacia el apoyo de giro, permitiendo el paso de los barcos. Los tres vanos centrales, están formados por cerchas tipo Warren con cordones verticales incorporados en los nudos.

El tablero, situado en el cordón inferior, se sostiene mediante vigas transversales apoyadas en los nudos inferiores de las cerchas, terminadas con un soporte de vigas en la dirección del puente.

Los tramos contiguos al móvil, de 36,71 m cada uno, se edifican con vigas trianguladas, pero con cordón superior horizontal, semejante al resto de las vigas móviles. Sobre estas cerchas, se alza una estructura en forma de curva ascendente hacia el apoyo del tramo central, resolviendo el brazo superior de la reacción de la gran ménsula sobre el apoyo.

Para finalizar, dos tramos de avenidas, de 20 m cada uno, formados por dos grandes vigas rectas de alma llena, que parten desde los estribos del puente completando así los cinco tramos.

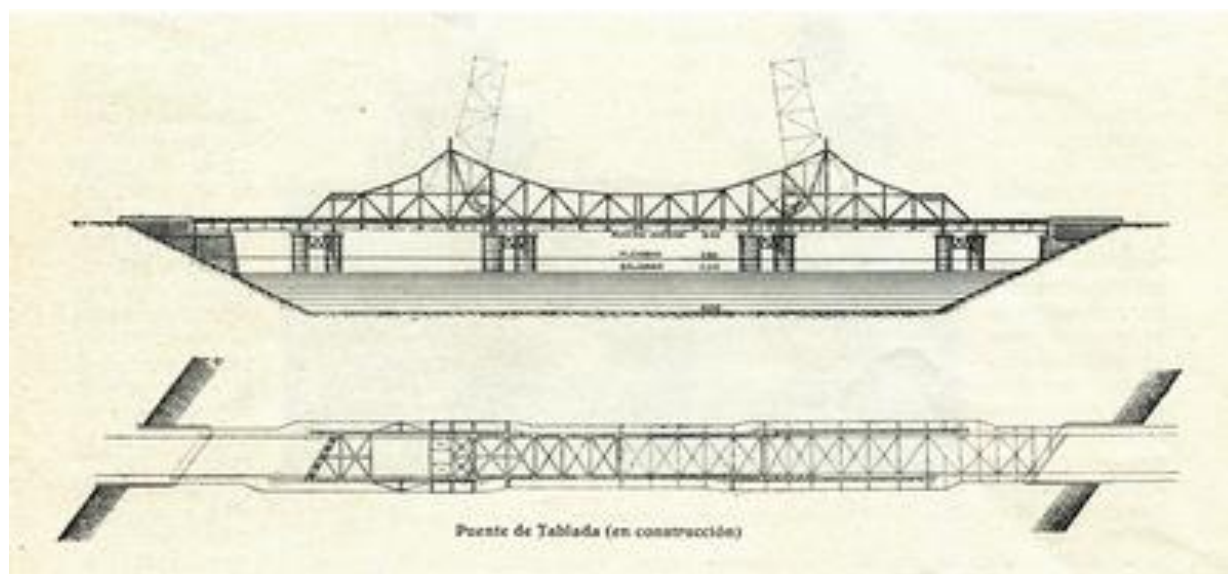


Ilustración 7. Planos del puente Alfonso XIII. Fuente: Revista Iberoamericana nº394.

Toda la estructura se proyectó de acero. Los cordones principales inclinados de la celosía de los tramos centrales se modelaron con perfiles en forma de “U”, emparrillados con una malla triangulada de perfiles en “L”. Los montantes verticales fueron modelados por perfiles doble “T”.

Para absorber mejor los movimientos y aligerar el peso, la capa de rodadura de la parte móvil se construyó con tabloncillos de madera atornillados a la estructura metálica.

Los cinco tramos del puente se sostenían sobre cuatro pilas tubulares dobles sobre cajones de hormigón armado hincados con aire comprimido. Las pilas tenían una altura de 6,29 m y un diámetro de 3,40 m. Eran de hormigón en masa y estaban revestidas de mampostería.

La Maquinista Terrestre y Marítima se encargó de la estructura metálica, mientras la Junta de Obras del Puerto se encargó de la obra de apoyo y de los tramos fijos.

En 1998 fue desmontado y trasladado al Muelle de las Delicias, cuando fue sustituido por el puente de Las Delicias y posteriormente llevado a una parcela de la zona sur del Puerto de Sevilla, paralela a la Avenida de las Razas.



Ilustración 8. Vista de los restos del puente desmontado en su ubicación actual.

Al producirse el desmontaje, el cual se realizó por partes, hay que destacar que se eliminaron algunos elementos. En un primer lugar, se anularon los contrapesos de los tramos móviles, para facilitar la carga en el transporte. Debido a esto, se vieron afectados los pórticos de retención, pertenecientes a los tramos fijos en celosía (Ilustración 5A).

Desmontando los contrapesos, se desprendieron los dos tramos móviles y los dos colindantes formados por vigas de celosía, trasladándose al Muelle de las Delicias.

Posteriormente, se desmontaron las vigas extremas de alma llena, que no se encuentran entre los restos del puente. (Ilustración 5B).

Debido a los problemas de navegación, las pilas fueron demolidas, al igual que los estribos del puente. (Ilustración 5C).

En último lugar, las decoraciones de la embocadura del puente, que se construyeron con motivo de la Exposición Iberoamericana, se encuentran situadas en su posición inicial para señalar la antigua embocadura del puente.

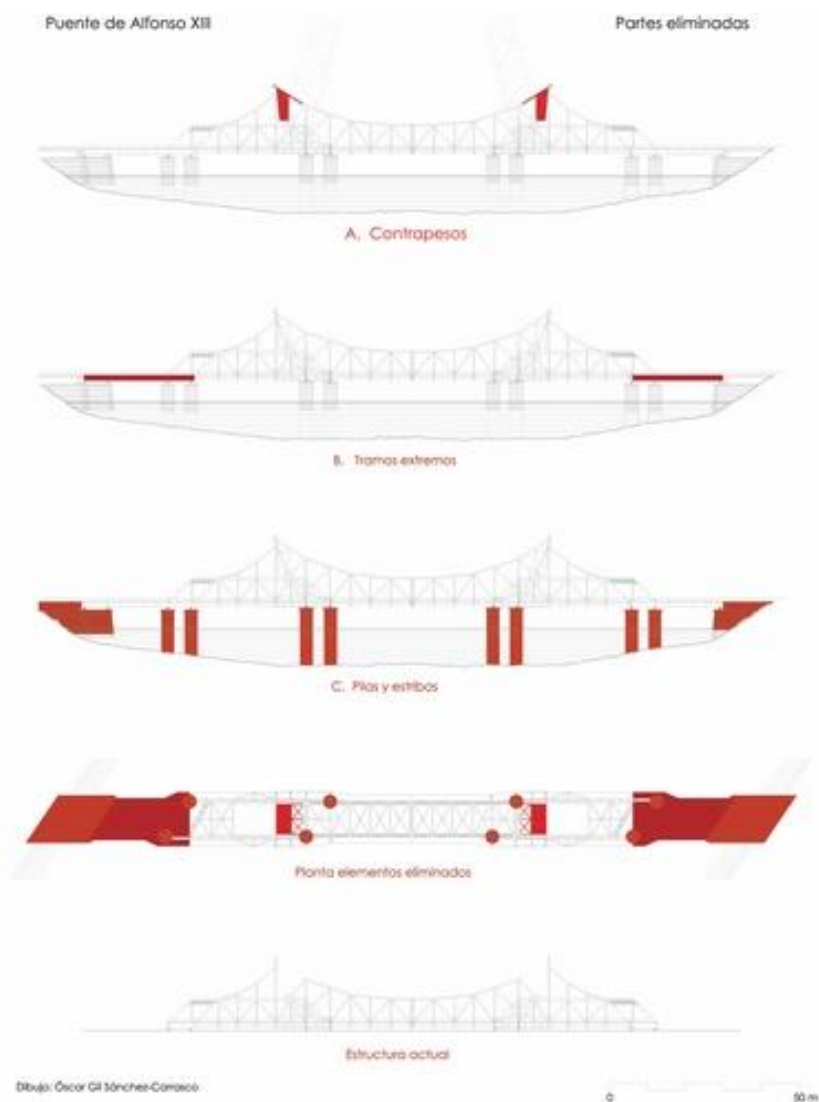


Ilustración 9. Restos del puente, alzado y planta con los elementos eliminados.

El uso del puente en el río no es posible debido a las condiciones de navegación de la zona portuaria hasta el puente de los Remedios.

## 1.2 *Exposición Universal de 1992.*

El siglo XX supuso para Sevilla y su río una gran revolución, construyendo un total de nueve puentes para alcanzar la otra orilla. La mayoría de ellos fueron contruidos de cara a la Exposición Universal, que pretendía acabar con el aislamiento de la Isla de la Cartuja.

Si se navega por el Guadalquivir y se deja atrás Sanlúcar de Barrameda, la desembocadura de dicho río, se encuentran los siguientes puentes:

### - Puente del Centenario

El puente del Centenario es un puente atirantado diseñado por los ingenieros José Antonio Fernández Ordóñez y Julio Martínez Calzón, inaugurado el 15 de noviembre de 1991.

Es conocido como el puente del V Centenario debido a que la Expo conmemoraba el V Centenario del descubrimiento de América.

Está formado por dos torres de 120 metros de altura, con un vano de 265 m de longitud entre las pilas por donde discurre el tablero, situado a una altura máxima de 45 m sobre el Guadalquivir para permitir el paso de barcos. Cada torre está constituida por dos pilas verticales unidas en la parte superior y justo debajo del tablero el puente tiene dos planos de atirantamiento, con tirantes que convergen en la parte superior.

Por aquel entonces se convirtió en el puente más largo de España y cometió el pecado de superar en 10 metros a la Giralda.

Permite cruzar por la ronda SE-30 el río Guadalquivir.



Ilustración 10. Puente del V Centenario. Fuente: Sevilla.dnsalias.com.



- Puente de Las Delicias

El puente de las Delicias fue construido por los ingenieros de caminos Leonardo Fernández Troyano y Javier Manterola Armisen, para sustituir el antiguo puente de Alfonso XIII. Fue inaugurado el 18 de diciembre de 1991 y en él se invirtieron mas de 2500 millones de pesetas.

Se trata de un doble puente móvil con tableros independientes, asentados sobre dos grandes pilas centrales. Un tablero compuesto por seis carriles para el tráfico rodado de automóviles y otro paralelo, con un nivel inferior, para el ramal ferroviario de acceso al Puerto de Sevilla.

Cruza el río desde la Avenida Cardenal Bueno Monreal (por la que el puente se prolonga) hasta alcanzar la otra orilla, continuando el trazado por la Avenida Juan Pablo II.



Ilustración 11. Puente de las Delicias. Fuente: crucerosensevilla.com.

- Puente de los Remedios

El puente de los Remedios fue diseñado por el ingeniero Carlos Fernández Casado y construido entre 1956 y 1968. En un principio se conoció como el puente del Generalísimo, en honor al general y dictador Francisco Franco, pero en 2000 se cambió su nombre por el actual.

Se trata de un puente con tres carriles de circulación en cada sentido, dos aceras de 3 m y una mediana de 1,5 m, donde se aloja una galería de servicios. El ancho total de la plataforma es de 28,50 m. Está formado por dos vanos principales de 58 m de luz que salvan el ancho de la Dársena, sostenidos por cuatro filas de pilas, tres de ellas formadas por ocho pilas y la otra formada por seis, dispuestas en medio del río.



Ilustración 12. Puente de los Remedios. Fuente: es.wikipedia.org.

- Puente de San Telmo

El puente de San Telmo fue diseñado por el arquitecto José Eugenio Ribera y fue inaugurado en agosto de 1931. Debe su nombre al Palacio de San Telmo, por encontrarse al lado de este.

Se construyó como puente móvil, hasta de década de los sesenta del siglo XX, cuando se decide transformarlo en puente fijo.

El puente consta de dos grandes pilas de hormigón armado anclados al cauce del río y tres grandes arcos de curvatura plana en el centro y mas pronunciadas en los extremos. Posee cuatro carriles, dos en cada sentido, así como una acera por cada lado.

El puente cruza el río desde el Paseo de las Delicias hasta alcanzar la otra orilla, en la Plaza de Cuba.



Ilustración 13. izquierda, puente móvil de San Telmo, a la derecha la fotografía actual. Fuente: loboquirce.blogspot.com.

- Puente de Isabel II

El puente de Isabel II fue realizado por los ingenieros franceses Fernando Bernadet y Gustavo Steinacher y lo concluyó el ingeniero español Canuto Corroza, teniendo lugar su inauguración en 1852. Sustituyó al puente de Barcas.

Se trata del puente de hierro más antiguo conservado en España, proyectado con tres vanos y dos pilas centrales.



Ilustración 14. Puente de Isabel II. Fuente: andalucia.org.



- Puente del Cristo de la Expiración

El puente del Santísimo Cristo de la Expiración fue diseñado por José Luis Manzanares Japón, inspirado en el puente Alejandro III de París e inaugurado en 1991. Es conocido popularmente como “El puente del Cachorro” o “El puente de Chapina”, debido a su proximidad.

Se trata de una estructura metálica formada por dos arcos biarticulados paralelos de 130 metros de luz y sin soporte bajo el agua, rebajados con tablero superior de chapa ortótropa de 223 metros de longitud. Los pasos peatonales están cubiertos por lonas blancas que cuelgan de mástiles, para aliviar el calor.

Es una salida natural de la ciudad hacia el Aljarafe y la provincia de Huelva.



Ilustración 15. Puente del Cristo de la Expiración.

- Pasarela de la Cartuja

Diseñado por Fritz Leonhardt y Luis Viñuela Rueda y construido en 1991. Durante la Exposición Universal de 1992 fue exclusivamente de uso peatonal, sin embargo, en 2004, se abrió también al tráfico rodado.

Su estilo es discreto, para que el monasterio siguiera siendo el monumento más visible. Se trata de una viga cajón continua asimétrica, totalmente metálica, de 238 m de longitud y 11 m de ancho, que se reparten en tres luces.

Parte desde la calle Torneo, en la orilla izquierda, y llega hasta el Camino de los Descubrimientos, en la Isla de la Cartuja.



Ilustración 16. Pasarela de la Cartuja.

- Puente de la Barqueta

El puente de la Barqueta fue diseñado por los ingenieros Juan José Arenas de Pablo y Marcos Jesús Pantaleón Prieto.

Fue diseñado como un puente en arco de 214 metros, cuyos extremos forman un pórtico triangular en cada lado. Está atirantado para soportar el tablero de 168 metros de longitud. Los únicos apoyos con los que cuenta son cuatro soportes verticales separados 30 metros, sobre las orillas del río.

Conecta el casco histórico de Sevilla con el Parque Científico Tecnológico Cartuja.



Ilustración 17. Puente de la Barqueta.

- Puente del Alamillo

El puente del Alamillo fue diseñado por Santiago Calatrava y terminado en 1992. Se construyó como entrada a la Isla de la Cartuja.

El puente está formado por un único pilono que actúa de contrapeso para los 200 metros de longitud del puente, gracias a trece largos cables.



Ilustración 18. Puente del Alamillo.

### 1.3 Ferrocarril en Sevilla.

La presencia del ferrocarril en la ciudad a partir de mediados del siglo XIX (1859) va a ser determinante para el crecimiento urbano de la ciudad.

El desarrollo del plan portuario denominado Plan Brackenbury, de 1927, dio lugar a la desviación del Guadalquivir a través de lo que se llamó nuevo cauce de la vega de Triana.

Se hizo necesaria la construcción de un puente que permitiera la continuidad de la línea férrea Sevilla-Huelva.

En 1929 el Puerto no tenía conexión directa entre las márgenes: a la margen izquierda se podía acceder por la vía de Cádiz y a la margen derecha desde la estación de Plaza de Armas, pasando por el tapón de Chapina. Con la desaparición de dicho tapón se necesitaba una nueva conexión ferroviaria entre ambas márgenes. Surgió así la idea de construir el puente de Alfonso XIII.

En 1990 fue inaugurado el nuevo puente de Las Delicias, de carácter ferroviario, que supuso el acceso a la margen derecha del Puerto, que quedaba sin el servicio tras el desmontaje de las vías procedentes de Plaza de Armas.



Ilustración 19. Plano de la red ferroviaria de Sevilla en 1992.



# PUENTES MÓVILES

Debido a problemas vinculados con la circulación marítima o fluvial, el levantamiento de puentes móviles es cada vez más común. Se tratan de estructuras capaces de moverse, normalmente con el fin de dar paso al tráfico de embarcaciones.

Con relación al tipo de mecanismo de apertura los puentes móviles se pueden clasificar en distintos grupos:

## 2.1 Puente basculante.

Conforman el grupo mas común de puente móvil. Se componen de dos estructuras que se abren en dirección perpendicular al plano del tablero, rotando sobre el punto de unión con el resto de la estructura fija.

EJEMPLOS:

- *Puente Erasmusbrug de Rotterdam, Países Bajos. (1996)*



Ilustración 20. Puente Erasmusbrug.

- *Tower Bridge, en Londres. (1894)*



Ilustración 21. Tower Bridge.

## 2.2 Puente plegable.

Se trata de un tablero dividido en varias estructuras rígidas unidas mediante conectores de rotación. La operación de apertura al tráfico se basa en el pliegue de las estructuras sobre una orilla.

EJEMPLO:

- *Puente Hörnbrücke*, en Kiel (Alemania, 1997).



Ilustración 22. Puente Hörnbrücke.

## 2.3 Puente giratorio.

También denominado puente de oscilación, son aquellos en los que una o varias de las secciones giran en torno a un eje central en el plano horizontal, en posición perpendicular a su posición habitual.

EJEMPLOS:

- *Puente de la Mujer*, en Buenos Aires (2001). Obra llevada a cabo por Santiago Calatrava.



Ilustración 23. Puente de la Mujer.

- *Puente en Memoria de George Coleman*, en Virginia (EE. UU.). Se trata del puente móvil mas largo del mundo, con una longitud total de 3750 m.



Ilustración 24. Puente en Memoria de George Coleman.

## 2.4 Puente rodante.

Es aquel cuya manionbra de apertura al tráfico consiste en envolverse y estirarse sobre sí mismo.

EJEMPLO:

- El único ejemplo de esta tipología es la pasarela *Rolling Bridge*, en Reino Unido (2004), realizado por el diseñador y arquitecto Thomas Heatherwick.

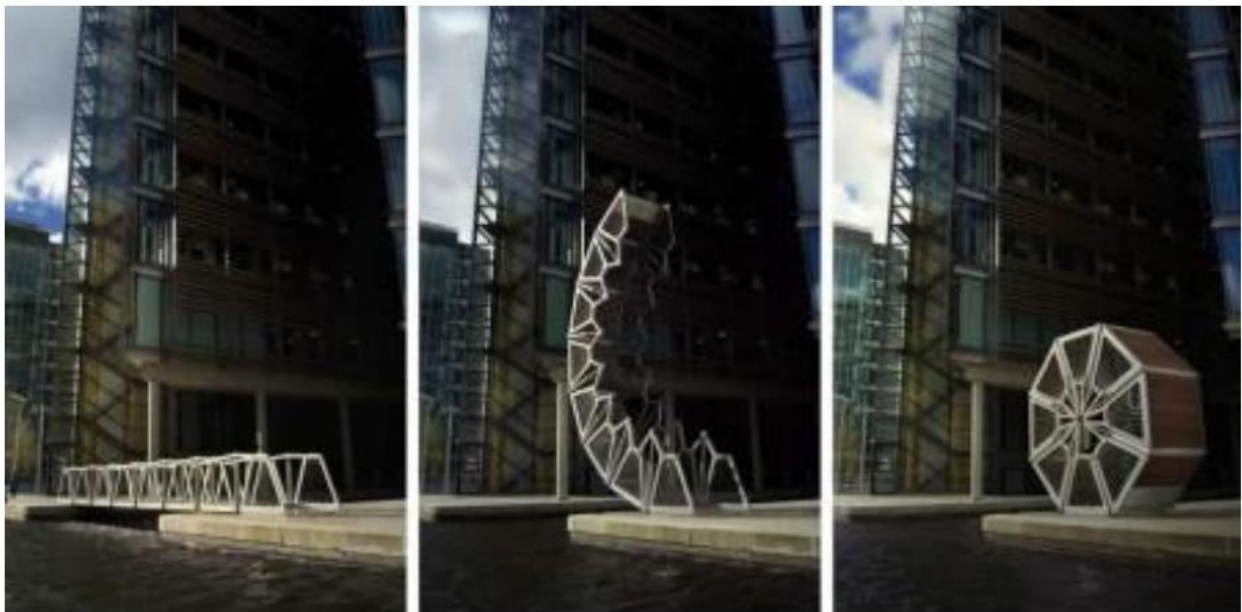


Ilustración 25. Pasarela Rolling Bridge.



## 2.5 Puente balanceador.

La plataforma, que compone el tablero, se abre al tráfico con un movimiento parecido al de un puente levadizo, aunque la sección circular se apoya en un tramo compuesto por engranajes en una de las plataformas.

EJEMPLO:

- *Puente Pegasus*, en Bénouville (Francia, 1934).



Ilustración 26. Puente Pegasus.

## 2.6 Puente de mesa.

Se trata del ascenso y descenso de la plataforma principal del puente a lo largo de unos ejes verticales, encontrándose en todo momento paralelo plano horizontal, dejando el paso al tráfico por debajo del tablero.

EJEMPLO:

- *El Pont Levant de Notre Dame*, en Tournai (Francia, 1914).



Ilustración 27. Pont Levant de Notre Dame.

# PUENTE DE LAS DELICIAS

---

## 3.1 Introducción.

El puente de Las Delicias se presenta en respuesta a la convocatoria del concurso para la construcción de los nuevos puentes móviles sobre la Dársena de Alfonso XIII en Sevilla.

En el año 1988, de mano de la empresa Dragados y Construcciones S.A., se comienza a diseñar y construir el puente de las Delicias, después de que varios estudios realizados dieran como resultado la incapacidad del puente Alfonso XIII de soportar los ferrocarriles actuales.

Se encuentra situado entre los puentes del V Centenario y el de Los Remedios, junto al Parque de las Delicias, y conecta la Avenida Cardenal Bueno Monreal con la zona de Tablada, por la Avenida Juan Pablo II, otra de las salidas hacia Coria y el Aljarafe.

Diseñado por los ingenieros de camino Leonardo Fernandez Troyano y Javier Manterola Armisen, el puente de las Delicias se proyecta como un doble puente basculante de acero con tableros independientes a doble altura, uno para el tráfico rodado de automóviles y otro a un nivel inferior para el tráfico ferroviario de mercancías.

La estructura se asienta sobre dos grandes pilas huecas de hormigón con forma de barcas, como guiño al extinto puente de Barcas de Triana, dentro de las cuales se encuentra la maquinaria necesaria para el accionamiento de la parte móvil.



Ilustración 28. Calaberas pasando bajo el puente de Las Delicias y puente de Alfonso XIII.

## 3.2 Estudios previos.

### 3.2.1 Elección puente fijo – puente móvil.

En el transcurso de aquellos años, Sevilla perdió terreno desde el puente de Triana, extremo histórico del Puerto, hasta el Nuevo Puente, que se hizo fijo. Por ello, en los estudios iniciales del Plan de Ordenación se propuso el retroceso del Puerto, haciendo fijos los nuevos puentes y dándoles el mismo gálibo que a los demás de la Dársena.

Este criterio no fue aprobado por el MOPU, ya que querían mantener el Puerto con las condiciones actuales, es decir, con posibilidad de paso de barcos a la zona comprendida entre el puente de Alfonso XIII y el Nuevo Puente de la Dársena, y esto obligaba a que los puentes fuesen móviles.

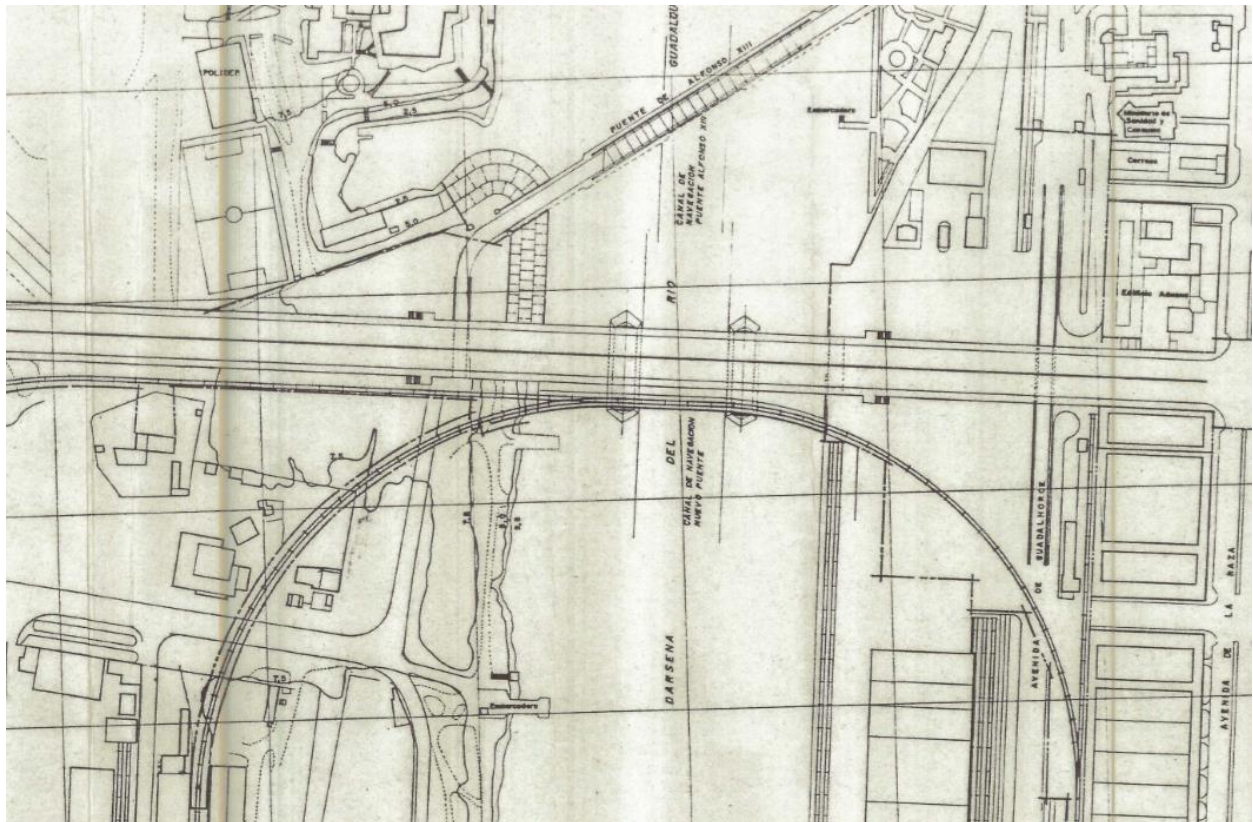


Ilustración 29. Planta general del proyecto. Fuente: Ayto. de Sevilla. Gerencia de Urbanismo.

### 3.2.2 Elección del tipo de puente móvil.

Una vez que se decidió construir un puente móvil, la siguiente pregunta era: “¿Qué tipo de puente móvil construir?”.

Tres fueron las soluciones básicas planteadas:

- Puente giratorio: No era viable en este caso, ya que las condiciones de construir dos puentes muy próximos, donde uno de ellos tenía un ancho muy grande hacían imposible la compatibilización de los giros.
- Puente deslizante: Se trataba de una solución válida, sin embargo, al querer que ambos tableros se moviesen de manera independientes y que no se vió adecuado colocar las torres para la elevación en medio del río, desestimó esta propuesta.

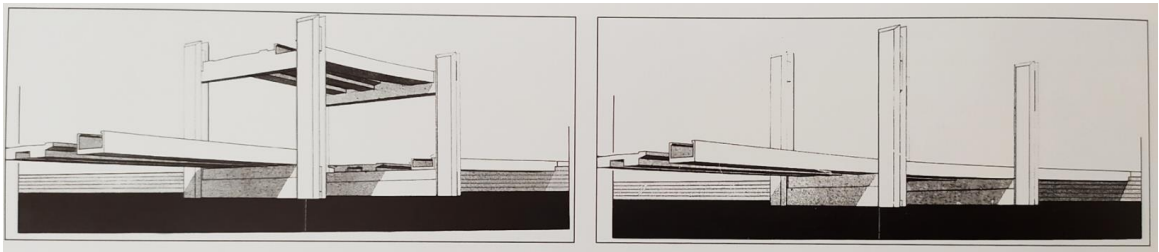


Ilustración 30. Solución estudiada del puente móvil con desplazamiento vertical. Abierto y cerrado. Fuente: Libro “Los puentes sobre el Guadalquivir en Sevilla”.

- Puente basculante: Era la solución más precisa, permitía el movimiento de los tableros de forma independiente. La decisión de colocar los tableros a distinta altura fue para que el gálibo del puente viario fuese el mismo que el de los demás de la Dársena, quedando el ferroviario a menor altura, aunque éste puede estar abierto la mayor parte del tiempo, ya que el tráfico de ferrocarril es menor.

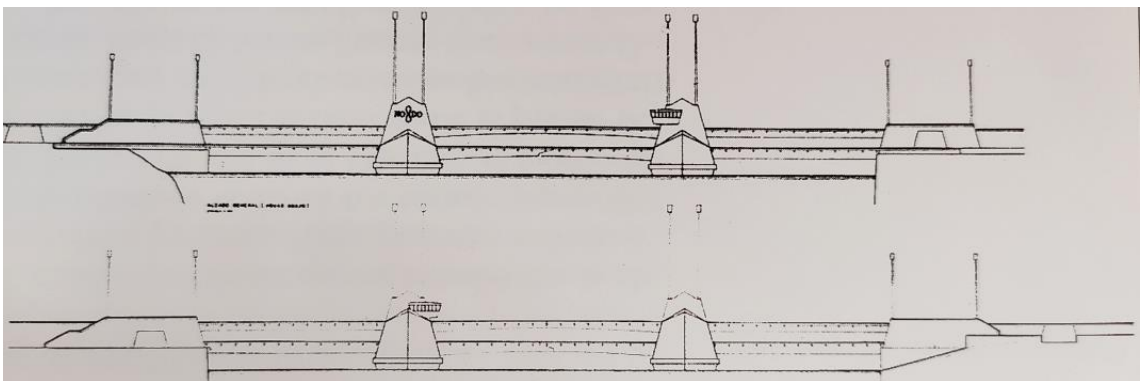


Ilustración 31. Plano General del proyecto, aguas arriba y aguas abajo, con el puente cerrado. Fuente: Libro “Los puentes sobre el Guadalquivir en Sevilla”.



### 3.3 Autores del proyecto.

#### 3.3.1 Leonardo Fernández Troyano.

Leonardo Fernández, nacido en Madrid en el año 1938, estudió la carrera de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, especializándose posteriormente en puentes.

Estudió en la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid, formando parte de la promoción de 1963.

En diciembre de 1963, comienza a trabajar con su padre, Carlos Fernández Casado, en su oficina de ingeniería, hasta el año 1966, cuando funda junto a su padre y Javier Manterola la empresa “Carlos Fernández Casado, S.L.”

Entre los años 1968 y 1980, trabajó de profesor de la asignatura “Puentes de fábrica” y “Puentes atirantados” en la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid.

En 1990, escribe el libro “Los pasos históricos de la Sierra de Guadarrama”.

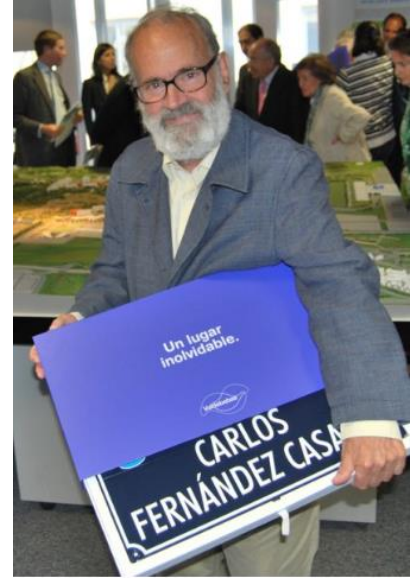


Ilustración 32. Leonardo Fernández Troyano.

#### 3.3.2 Javier Manterola Armisen.

Javier Manterola, nacido en Pamplona en el año 1936, estudió la carrera de ingeniería de Caminos, Canales y Puertos en la Escuela de Madrid, formando parte de la promoción de 1962.

Es conocido por su trabajo como proyectista de puentes en la firma Carlos Fernández Casado, y ha trabajado junto a arquitectos como Rafael Moneo.

Ha ganado varios galardones durante su vida profesional como el Premio Príncipe de Viana de la Cultura o el Premio Nacional de Ingeniería del Ministerio de Fomento. En diciembre de 2006, entra a formar parte de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando.



Ilustración 33. Javier Manterola Armisen.

### 3.3.3 Obras conjuntas.

La empresa conjunta, Carlos Fernández Casado S.L., fue fundada en el año 1964 y desde entonces ha desarrollado una actividad ininterrumpida.

A lo largo de sus casi 50 años de actividad, la empresa ha participado en unos 900 proyectos, en su mayoría puentes, pero también abarcan otro tipo de estructuras como edificios altos, cubiertas, presas, etc.

A continuación, se disponen puentes móviles posteriores al estudiado en este trabajo, en los que podemos observar algunas similitudes.

- Puente Basculante *Estacio* en La Manga. Murcia. (2003)

Se dispone en uno de los canales de comunicación del mar Menor con el Mediterráneo. Se realizó para permitir el paso de los veleros al Puerto de Tomás Maestre y al mar interior.



Ilustración 34. Puente basculante Estacio.

- Puente basculante *Albatros*. México (2009)

Es el primer puente basculante de América Latina. Se encuentra en el Puerto de Lázaro Cárdenas del Estado de Michoacán, en México, y es el encargado de unir las islas de En medio y Cayacal.

Tiene una longitud de 2,5 km y 16 m de ancho, formado por cuatro carriles de circulación, con posibilidad de abrirse por su parte central, dejando un espacio de 60 m. Es de material metálico, y se eleva gracias a tres bobinas.



Ilustración 35. Puente basculante Albatros.

- Puente *CauCau* en Valdivia – Chile

Se construye para reducir la congestión que se produce en Valdivia y el camino a la costa Valdiviana.

Es el primer puente basculante del país. Tiene un tablero 90 m de largo, formado por dos tramos móviles de 35 m cada uno y dos contrapesos de 10 m por lado y 9,4 m de ancho.



Ilustración 36. Puente basculante Caucau.

- Pasarela de *Lowry* en Salford – Manchester (1999)

Esta pasarela forma parte de la rehabilitación del muelle de Salford. Pasarela de 92 m de longitud, tiene la característica de ser elevada hasta una altura de 16 m sobre el canal, para permitir el paso a las embarcaciones. La pasarela une el centro de arte de Lowry con el Museo Imperial War.



Ilustración 37. Pasarela móvil de Lowry en Salford.

### 3.4 Adjudicación del Proyecto.

La obra salió a concurso en 1988, adjudicándose ese mismo año.

El proyecto ganador fue el diseñado por los ingenieros de camino Javier Manterola y Leonardo Fernández de la mano de la empresa Dragados y Construcciones y con la colaboración de Intecsa, empresa consultora.

El puente se inauguró en el año 1990.

### 3.5 Estudio Geotécnico.

La información de la naturaleza del terreno se obtuvo de los informes de VORSEVI y GEIEXPERTS de octubre de 1987 y noviembre de 1987, respectivamente.

Se disponía de los resultados de 8 sondeos a rotación de profundidades entre 25 y 30 m, situados en el emplazamiento de pilas y estribos. Estos sondeos penetran entre 3 y 11 m en la marga azul del sustrato.

En los accesos del puente se cuenta con los resultados de 5 sondeos cortos (de 3 m de profundidad).

#### 3.5.1 Naturaleza del terreno.

##### 3.5.1.1 Cortes en el terreno. Características geotécnicas.

Los cortes tipo de terreno en el emplazamiento de pilas y estribos son los siguientes:

##### Pilas principales.

Sondeos: S-5, S-6, S-7 y S-8.

COTA	MATERIAL
+1,7 a -5,1	Agua
-5,1 a -11,1	Arcilla plástica, marrón y grisácea, con materia orgánica.
	Son arcillas de alta plasticidad.
	El valor medio del $N_{SPT} = 14$ (media de 21 valores).
	El valor medio de la resistencia a compresión simple: $q_u = 1,34 \text{ kg/cm}^2$ (media de 10 valores)
-11,1 a -15,0	Arenas y gravas con arena.
	$N_{SPT} = \text{Rechazo}$ .
-15,0 a -26,6	(Fin de sondeos): Marga azul.
	El valor de los ensayos $N_{SPT} > 81$ golpes en 30 cm, siendo $N = \text{Rechazo}$ en la mayor parte de los ensayos.
	Son arcillas de alta plasticidad, con bastantes carbonatos.
	La humedad natural está en el entorno límite plástico.
	La resistencia a compresión simple de las muestras ensayadas oscila entre 2,29 y $3,16 \text{ kg/cm}^2$ (9 valores).

Tabla 1. Geotecnia del terreno bajo las pilas.



Estribo 1 (Margen derecha).

Sondeos: S-1 y S-2.

COTA	MATERIAL
+1,7 a -12,8	Arcilla de alta plasticidad y limo. Hasta la cota -7,8 m es un material similar al aparecido en las pilas principales. Los 5 m inferiores de este nivel es limo arcilloso, marrón grisáceo de consistencia similar al nivel arcilloso que hay sobre él.
-12,8 a -16,3	Gravas con arena.
	El valor del $N_{SPT}$ = Rechazo.
-16,3 a -18,1	(Fin de sondeos): Marga azul.

Tabla 2. Geotecnia del terreno en la margen derecha.

Estribo 2 (Margen izquierda).

Sondeos: S-3 y S-4.

COTA	MATERIAL
6,9 a + 5,2	Pavimento y relleno de gravas con arena.
+5,2 a +4,2	Hormigón (Bóveda del muelle).
+4,2 a +1,7/1,9	Vacío.
+1,7 a -3,1	Agua y vertidos de obra: cieno, cascotes, etc.
-3,1 a -11,1	Arcilla de alta plasticidad y limos. Si se desprecian, a efectos resistentes, los 2 m superiores, la resistencia a compresión simple media es $q_u = 1,0 \text{ kg/cm}^2$ .
-11,1 a -16,6	Gravas con arena.
	$N_{SPT}$ = Rechazo.
-16,6 a -18,1	(Fin de sondeos): Marga azul.

Tabla 3. Geotecnia del terreno en la margen izquierda.

#### Accesos.

El reconocimiento del terreno disponible en las zonas de acceso es muy somero.

En la margen derecha se dispone de 2 sondeos cortos de 3 m de longitud, que detectan 2,0 y 2,5 m de relleno artificial, sobre limos arcillosos.

En la margen izquierda hay 3 sondeos de 3 m de longitud que detectan espesores de relleno artificial entre 0,5 y 0,9 m, sobre arcilla y limo.

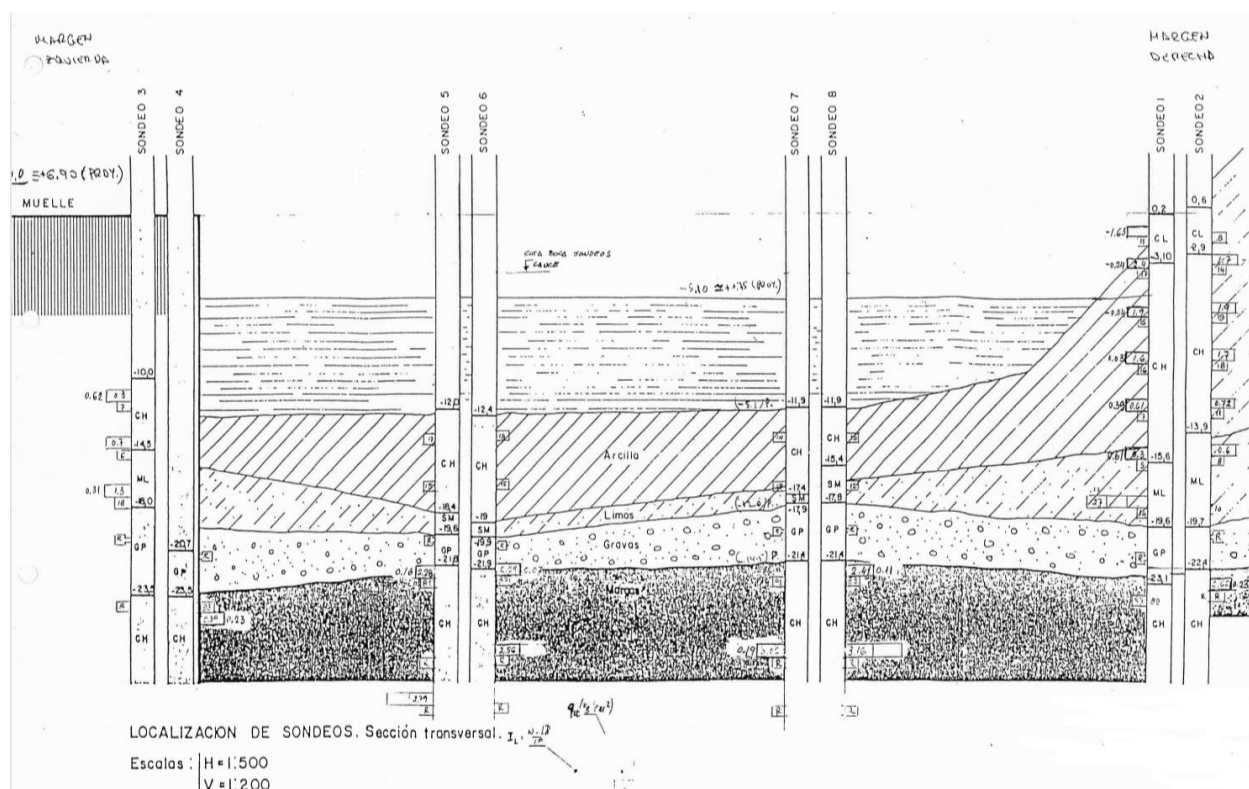


Ilustración 38. Sondeos Geotécnicos. Fuente: Ayto. de Sevilla. Gerencia de Urbanismo.

### 3.5.1.2 Características geotécnicas de las margas azules.

Los valores medios que muestran los ensayos de laboratorio son:

% que pasa por el tamiz nº200	94
Límite líquido, LL	52
Límite plástico, LP	22
Índice de plasticidad, IP	30
% Humedad natural W	27,5
Índice de liquidez, $\frac{W-LP}{IP}$	0,17
Densidad seca $\gamma_d$ (Tn/m <sup>3</sup> )	1,62
Resistencia a compresión simple $q_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )	2,61
$N_{SPT}$	81 – Rechazo

Tabla 4. Características geotécnicas de las margas azules.

### 3.6 Planimetría y elementos del puente.

El puente de Las Delicias está formado por tres vanos, uno central móvil de 42 m de luz libre y de 49 m entre ejes de apoyo, y dos vanos laterales de 33 m de luz libre y 36 m entre ejes de apoyo.

Los extremos del puente se encuentran en los bordes del canal de Alfonso XIII, el de un lado coincide con el muelle del puente y en el otro borde, el nuevo estribo debe alinearse con el del puente de Alfonso XIII, del que se encuentra muy próximo.

Se trata de una estructura artificial porticada por todas sus partes, aunque tiene zonas masivas.

Es un puente peculiar, ya que los puentes levadizos no suelen tener otra viga aparte de las levadizas, al contrario que este.

La estructura en sí tiene una gran resistencia debido a las pilas, sin embargo, tiene poca rigidez y estabilidad al ser un puente levadizo, ya que se deforma.

Las vigas están hechas de material metálico, como es el acero, y las pilas masivas construidos con hormigón armado.

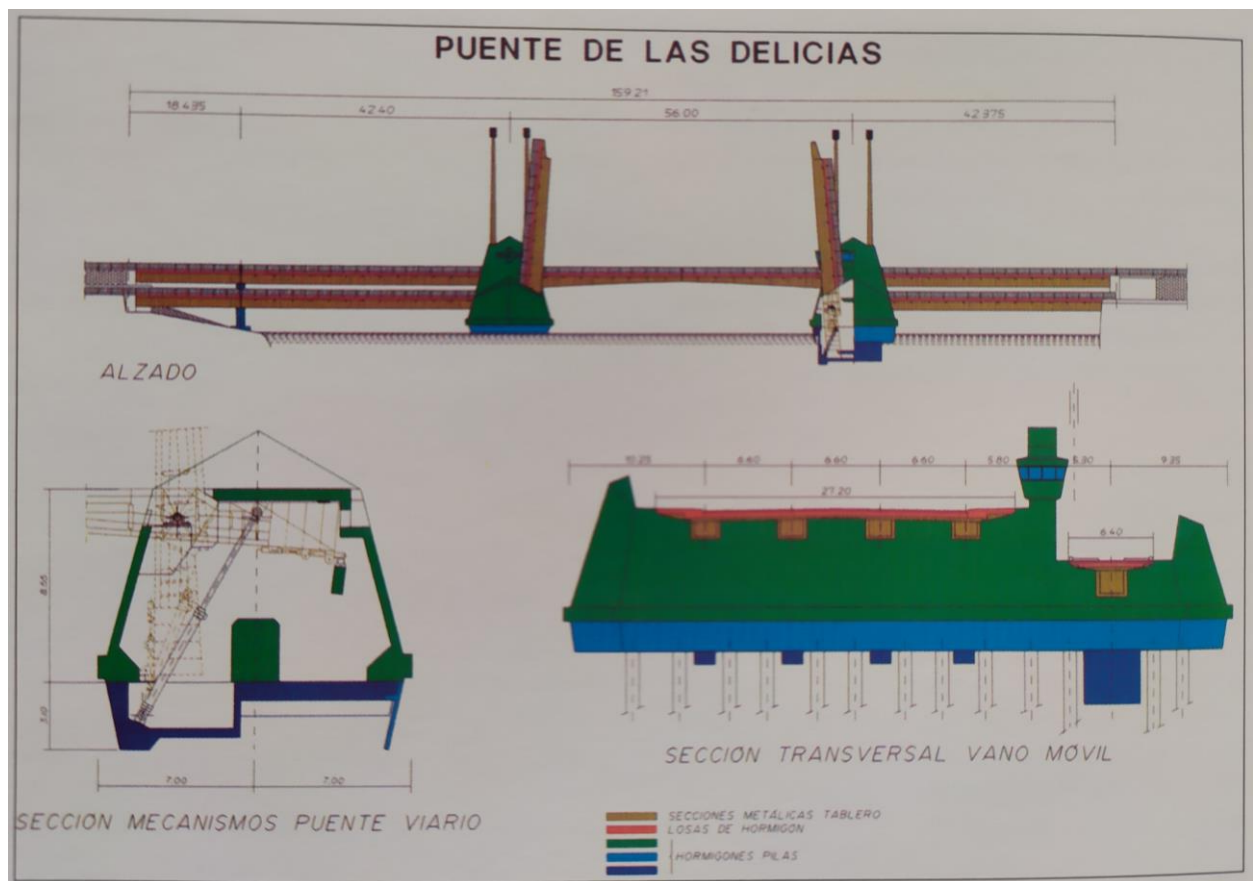


Ilustración 39. Alzado y secciones del puente. Fuente: Libro "Los puentes sobre el Guadalquivir en Sevilla".

### 3.6.1 Tablero.

- TRAMO MÓVIL.

- Sección Longitudinal

El puente consta de dos ménsulas compensadas en carga permanente. La compensación debe ser de forma muy precisa, de manera que los gatos hidráulicos de accionamiento del puente se dimensionan únicamente para la acción del viento, ya que puede ser lo único que descompense al estar el puente en movimiento.

Para acciones en sobrecarga, el sistema estructural es diferente. Para este tipo de acción las ménsulas deben estar enlazadas en clave para dar continuidad al tablero y las compensaciones deben fijarse en sus extremos para resistir los esfuerzos descompensados de sobrecarga.

En el *punte viario* se adopta la solución de realizar un solo enclavamiento, que materializará una articulación entre los dos tramos, y en el *punte ferroviario* se adopta la solución de realizar dos enclavamientos desfasados para conseguir una continuidad estructural mediante un par de fuerzas.

- Sección Transversal

La parte correspondiente al *punte ferroviario* consta de una sola vía formada por un solo cajón accionado por dos gatos hidráulicos.

El *punte viario*, sin embargo, está formado por una plataforma de 27,20 m de ancho, lo que resulta excesivo para moverlo en una sola hoja. Por ello, se divide en dos partes iguales por el eje longitudinal, moviéndose cada una de ellas de forma independiente. Cada parte consta de dos cajones y cada uno de ellos se acciona mediante un gato.

La losa ortótropa del tablero está formada por perfiles longitudinales cerrados de forma trapezoidal, que es la más eficaz, y las vigas transversales son en doble T de alma llena.

Los cajones se encuentran apoyados sobre cojinetes, uno por cada alma, en los que se produce el giro. Los gatos hidráulicos accionan el tramo desde el extremo del vano de compensación y están anclados en la parte inferior de la pila.





- **TRAMO FIJO.**

Son tramos simplemente apoyados, con una sección transversal idéntica a la del vano central, para mantener la unidad del puente. Por tanto, se trata de una sección transversal formada por cuatro cajones.

La losa ortótropa es sustituida por una losa de hormigón que colabora con un cajón metálico.

Los vanos transversales del ferrocarril son metálicos, con la misma forma del vano central. El tramo de margen izquierda es curvo debido al trazado de las vías y el de margen derecha tiene un ancho variable porque hay una bifurcación de vías sobre él.

Este tipo de vigas soportan un gran esfuerzo a flexión como consecuencia del paso de las personas y del transporte.

### 3.6.2 Pilas y estribos.

- **PILAS.**

Las pilas, elaboradas con hormigón armado, se encuentran cimentadas mediante pilotes, los cuales se empotran en las margas azules que hay bajo las gravas en el Guadalquivir. Son muy rígidas, de forma que evitan las posibles deformaciones que pueda ocasionar el movimiento de los puentes y la fijación de los enclavamientos.

Son huecas, donde se alojan los gatos hidráulicos, y permiten el movimiento de los tramos móviles.

Se rigidiza mediante diafragmas transversales y longitudinales para que su rigidez sea máxima. Soportan un esfuerzo de compresión a causa de todas las vigas.

Entre el puente de ferrocarril y el puente viario está situada la torre de control y el acceso a las pilas.

Una vez terminada las pilas, se hormigona la zapata de refuerzos sobre ellas, dejando en seco cada uno de los compartimentos.

Las dos pilas tienen forma de barca, no por cuestión arquitectónica, sino como guiño al antiguo puente de Barcas de Triana. En la parte hueca de los mismos se encuentra toda la maquinaria de la parte móvil.

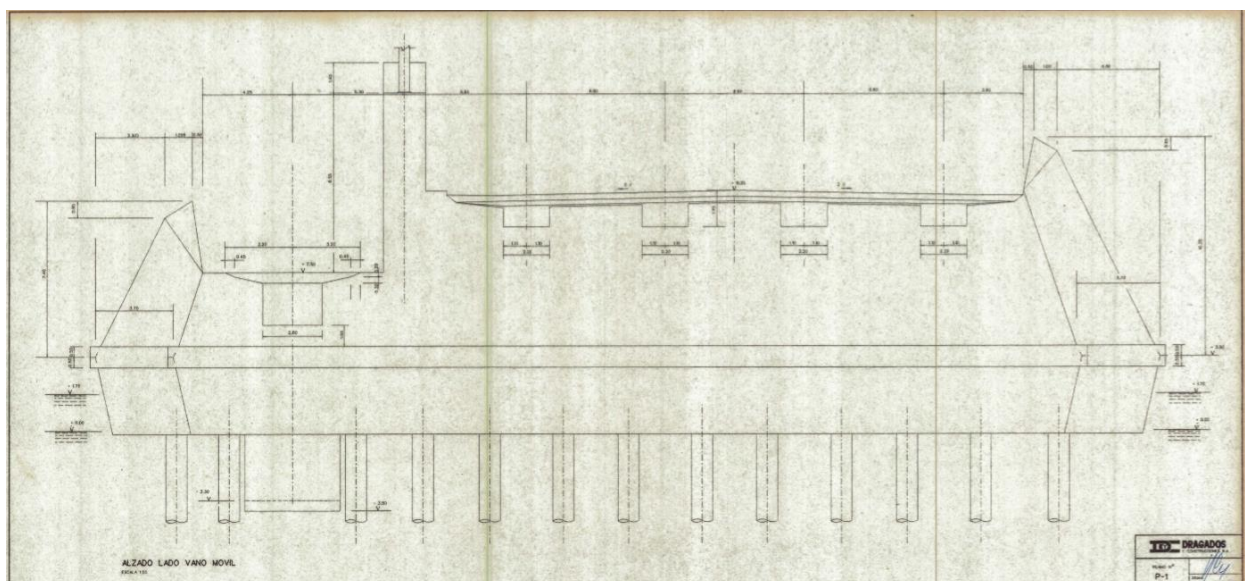


Ilustración 42. Alzado lado vano móvil (Pila 1). Fuente: Ayto. de Sevilla. Gerencia de Urbanismo.

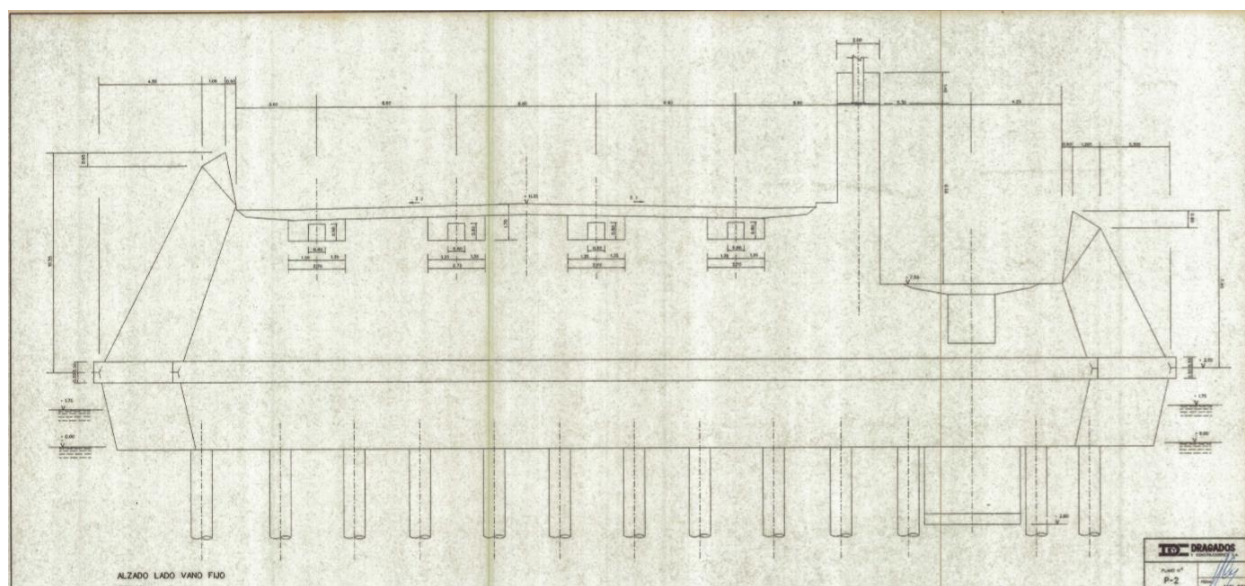


Ilustración 43. Alzado lado vano fijo (Pila 1). Fuente: Ayto. de Sevilla. Gerencia de Urbanismo.

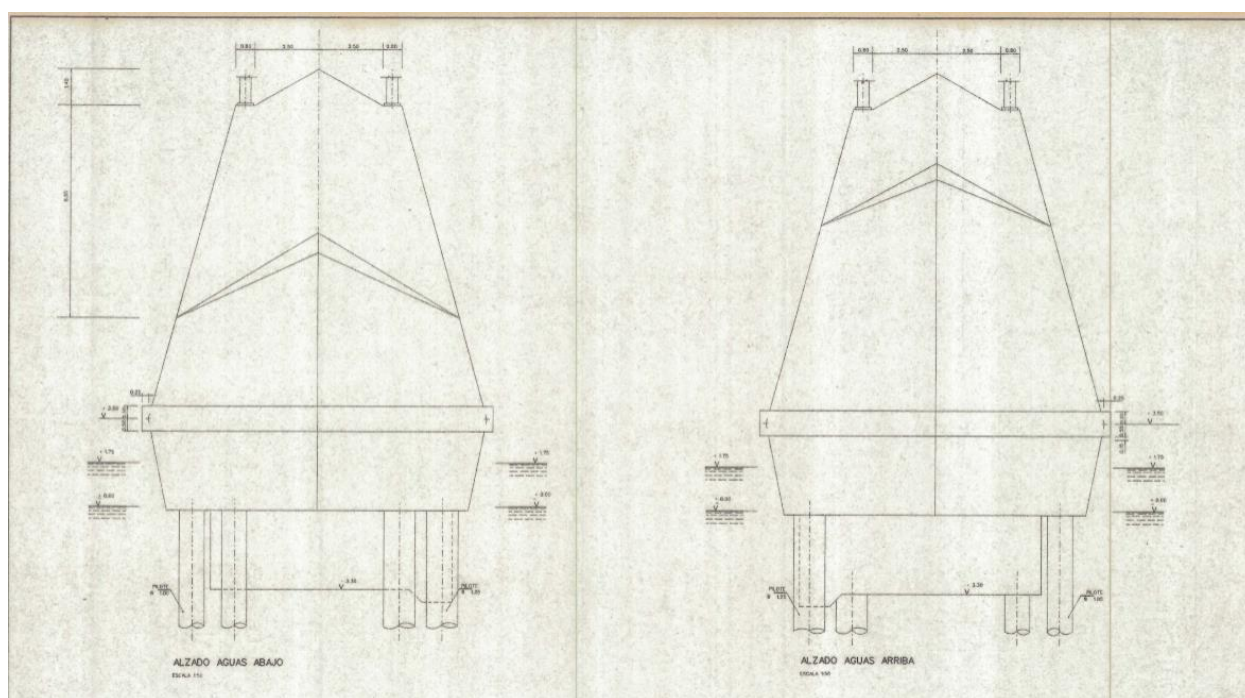


Ilustración 44. Alzado aguas abajo y arriba (Pila 1). Fuente: Ayto. de Sevilla. Gerencia de Urbanismo.



- ESTRIBOS.

El estribo de margen izquierda se apoya sobre la estructura del muelle actual, recalzando los muros mediante micropilotes. Se trata de una losa sobre columnas, cerrada en su contorno por muros ligeros.

El estribo de margen derecha se alinea con el que ocupaba el del puente de Alfonso XIII antes de su traslado, del que estaba muy próximo.

La unión del puente con el resto viario se realizó mediante un muro de hormigón y un talud artificial del mismo material, generando un plano inclinado hasta el encuentro con el agua.

En ambos estribos hay un paso inferior para comunicar ambos lados del puente.

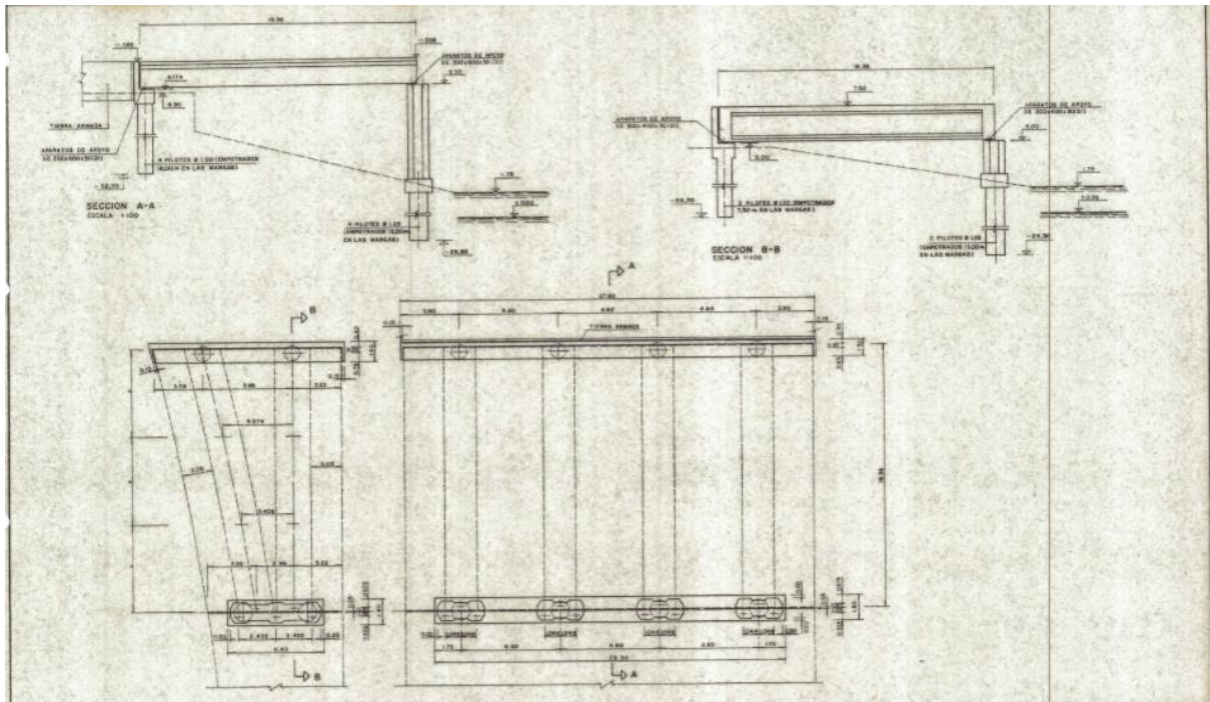


Ilustración 45. Definición Geométrica Estribo 1. Fuente: Ayto. de Sevilla. Gerencia de Urbanismo.

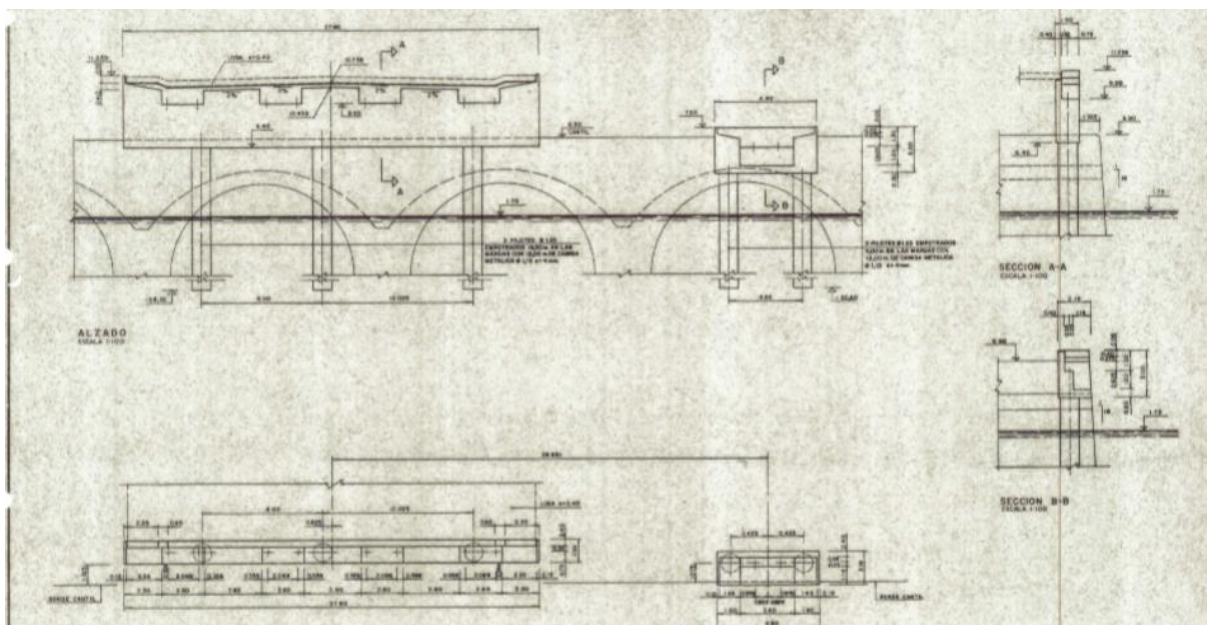


Ilustración 46. Definición Geométrica Estribo 2. Fuente: Ayto. de Sevilla. Gerencia de Urbanismo.



### 3.6.3 Accesos del puente viario.

Se propone la construcción de unos accesos en tierra armada hasta llegar a una cota de 1,5 m sobre el terreno natural a partir de la cual se permite la libre caída de tierras.

Dentro de los accesos se incluyen tres obras de paso inferior, dos de poca importancia próximas a los estribos y una tercera de mayor entidad que da continuidad a la calle Conde de Guadalhorce.

El tratamiento de las dos primeras es de losa de hormigón armado con canto estricto para aumentar al máximo el gálibo, apoyada en durmientes sobre el terraplen contenido frontalmente con tierra armada. Es excepción el paso del estribo vano muelle, que en uno de sus extremos se apoya en el espaldón del estribo del puente principal.

La prolongación de la calle Conde de Guadalhorce a ambos lados del paso se resuelve con una sección en U, también de hormigón armado.

### 3.6.4 Maquinaria y equipos para el movimiento de los puentes.

Fue realizada con la colaboración de la firma alemana THYSEN ENGINEERING.

En un primer lugar se recopiló información de los datos estadísticos de los observatorios de Tablada y San Pablo. Por una serie de consideraciones, se escogió un viento máximo admisible para las operaciones de apertura y cierre de 120 km/h.

Los elementos utilizados son:

- Bujes de muñón: El eje, de acero térmicamente tratado, se apoyará en el puente, con muñón en voladizo. El muñón llevará, por medio de un casquillo adaptador, un cojinete de rodillo autoalineable.
- Sistema de bloqueo del brazo trasero del puente: Barra de agarre de sección transversal rectangular, de acero c60, guiada por rodillos y patines, éstos últimos de bronce autolubricante, y los rodillos de acero c60, que no requieren mantenimiento, estando provistos de casquillos de metal de flejes autolubricantes marca DEVA. Todos los ejes son excéntricos de acero inoxidable.

La velocidad de ajuste es de aproximadamente 60 mm/seg.

La resistencia de cizalladura y a tracción:

Puente viario 50 kN.

Puente de ferrocarril 100 kN.

- Sistema de bloqueo del centro del puente: Barra de agarre de sección transversal rectangular, de acero c42, sistema guía y orificios de las barras de agarre, rodillos, que no exigen mantenimiento, de acero c45, con casquillos de metal de flejes autolubricantes marca DEVA.
- Cilíndricos hidráulicos: Pedestales de apoyo de construcción soldada, hechos de acero estructural de grano fino, soldable y de alta resistencia, eje principal e intermedio de acero inoxidable. Pernos de retención de acero térmicamente tratado.

### 3.7 Proceso constructivo.

Se va a analizar los dos puntos de la obra que tienen más interés, dada su singularidad dentro del proceso constructivo general: la cimentación de las pilas y el montaje de los tableros del puente principal.

#### 3.7.1 Cimentaciones de las pilas del cauce.

Para la ejecución de la cimentación, y posteriormente del resto de la pila, es necesaria la instalación de una grúa torre que alcance toda la dimensión de la pila.

Para la disposición de dicha grúa, en primer lugar, se requiere la ejecución de una plataforma pilotada que sirva de apoyo a una pasarela que permitirá el acceso a las pilas, y que deberá demolerse posteriormente.

Los pilotes se ejecutarán desde una pontona de 20x20 m con un desplazamiento total de unas 400 T. En un borde de la pontona se dispondrá una estructura metálica en ménsula sobre la cual se colocará el collar hidráulico de hinc y extracción de la tubería recuperable.

Una vez colocada la pontona en posición, de forma que el eje del collar coincida exactamente con el del pilote a ejecutar, se inicia la perforación con la hinc de la virola ( $\varnothing$  1,25 ó 1,00 m, según el pilote).

Simultáneamente se excava el terreno contenido en el tubo con una cuchara bivalva maniobrada por una grúa de orugas de unas 60 T y 26 m de pluma, cuidando que el fondo de la virola esté por debajo de dicho terreno. A continuación, se procede a perforar por rotación la longitud de empotramiento fijada dentro de las margas.

La siguiente fase es la de colocación de armaduras y camisas perdidas. Esta camisa es necesaria como encofrado en los aproximadamente 7 m de fuste que quedan en agua. Además, y con el fin de asegurar la estabilidad del pilote una vez retirada la virola y con el hormigón todavía fresco, la camisa se prolongará 5 m dentro del terreno. Su longitud es, pues, 12 m y su espesor 4 mm.



Ilustración 47. Montaje de las pilas.



Ilustración 48. Sala de Máquinas. Interior de la pila.

### 3.7.2 Montaje de los tableros.

Cada estructura independiente del tablero ha tenido su correspondiente montaje en el taller donde se habrán comprobado las tolerancias, etc.

A continuación, han sido transportadas a obra en elementos acordes, por un lado, con las dimensiones máximas admitidas para el transporte, y por otro, con las piezas que se ha previsto montar de forma independiente.

El montaje de los distintos tableros se realiza desde el agua, a través de una grúa montada sobre una pontona.

La pieza mas pesada que se monta es la del tramo fijo de la margen derecha del puente ferroviario, que pesa 127 T y que no presenta problemas desde el agua con la grúa considerada.

Los tramos fijos se montan completos en el puente ferroviario partidos longitudinalmente en dos mitades de 108 T de peso, correspondientes a dos cajones, los del viario. La junta longitudinal se suelda “in situ”.

Cada uno de los semi-vanos del tramo móvil del puente ferroviario se dividen mediante un corte transversal en dos mitades. Primero se monta la parte trasera, que comprende desde el extremo trasero hasta unos 8 m por delante del eje de giro. La operación se hace sin el contrapeso y antes de colocar la parte delantera del semivano se va añadiendo en contrapeso, por lo que se apuntala la parte trasera contra la losa de encepado.

A continuación, se monta la otra mitad, que se une provisionalmente para poder realizar la unión sin tener que mantener la grua ni otro medio auxiliar en medio del río.

Una vez fijado el puente, se hormigonó las losas superiores de la pila, garantizando un buen acabado de la junta.

En el *punte viario* el proceso es muy parecido, salvo que las piezas comprenden siempre el ancho total de los dos cajones. Se compone de 18 piezas, de las cuales la mas pesada es de 127 y la menos de 77 T.

El montaje de los equipos hidráulicos mecánicos y eléctricos se realizan simultáneamente al del tablero y comienzan en el momento en que la construcción de la pila alcanza el nivel del puente ferroviario.



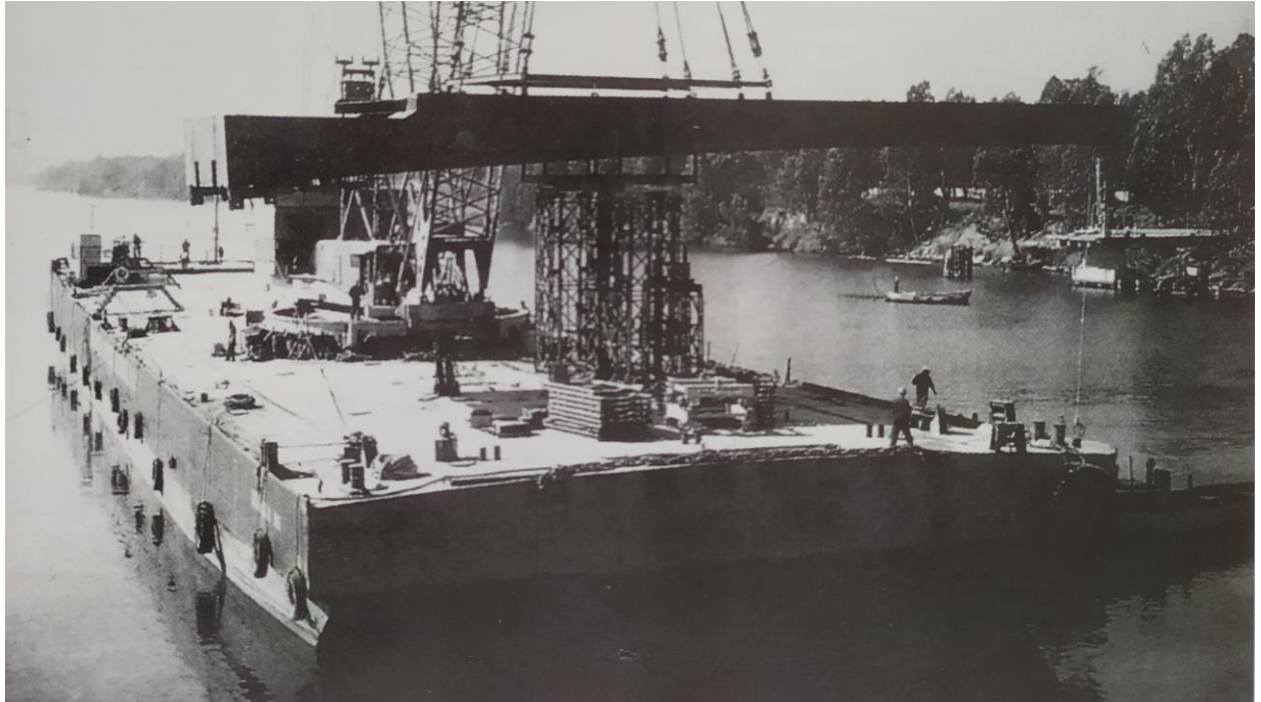


Ilustración 49. Montaje de un semivano móvil con la grúa flotante.



Ilustración 50. Tablero ferroviario listo para colocar.



Ilustración 51. Hojas levadizas colocadas.

### **3.8 Cálculo de la estructura principal y accesos.**

#### **3.8.1 Bases de cálculo.**

Las normas que se utilizan para realizar el puente son:

*OM-28-2-72*: Instrucción relativa a las acciones a considerar en puentes de carretera.

*OM-25-12-69*: Instrucción relativa a las acciones a considerar en el proyecto de puentes de ferrocarril.

*MV-101*: Acciones en la edificación.

*EH-82*: Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado.

*EP-80*: Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón pretensado.

*EM-62*: Instrucción para estructuras de acero.

*MV-103*: Cálculo de estructuras de acero laminado en edificación.

*MV-104*: Cálculo de uniones de elementos metálicos.

Norma sismorresistente *PDS-I*.

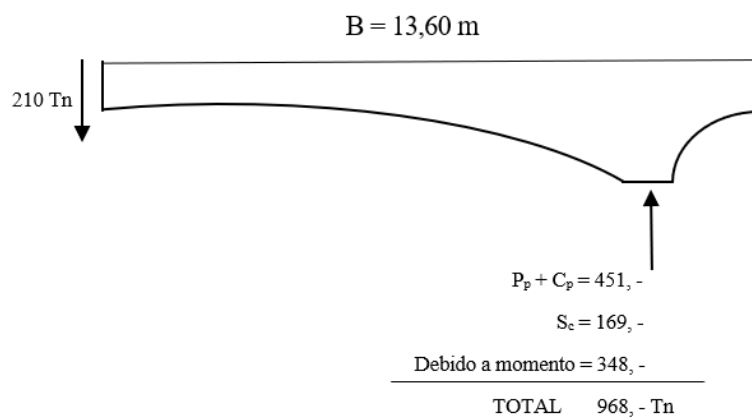
Código Modelo *CEB-FIP* para las estructuras de hormigón.

### 3.8.2 Cálculos de la estructura principal.

#### 3.8.2.1 Cargas en vanos de la estructura principal.

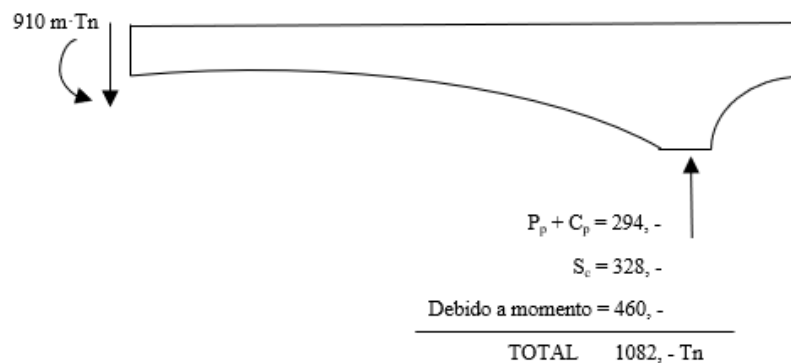
De los datos del Proyecto y de los pesos propios, se realizan los cálculos de las cargas que se producen en los tramos móviles:

##### PUENTE VIARIO



Vanos Laterales  
Acero:  $209 \text{ kg/m}^2$

##### PUENTE F.F.C.C.



Vano metálico Izquierdo:  $342 \text{ kg/m}^2$   
Vano metálico Derecho:  $549 \text{ kg/m}^2$

### **3.8.2.2 Cimentación de las pilas principales en la zona de F.F.C.C.**

- Cargas Verticales:  
Peso propio del encepado: 610,10 Tn.  
Peso propio de la pila: 705,70 Tn.  
Carga permanente sobre la pila: 3,75 Tn.  
Sobrecarga sobre tramo móvil: 328 Tn.  
Sobrecarga sobre tramo fijo: 220 Tn.  
Sobrecarga sobre la pila: 90 Tn.
- Cargas horizontales:  
Frenado: 72 Tn.  
Viento longitudinal (tramo móvil levantado): 55,40 Tn.

### **3.8.2.3 Cimentación de las pilas principales en la zona de viaria.**

- Cargas verticales:  
Peso propio encepado: 476,02 Tn.  
Peso propio pila: 719,58 Tn.  
Carga permanente sobre la pila: 30,40 Tn.  
Sobrecarga sobre tramo móvil: 169,25 Tn.  
Sobrecarga sobre tramo fijo: 163,40 Tn.  
Sobrecarga sobre la pila: 35,40 Tn.
- Cargas horizontales:  
Frenado: 16 Tn.  
Viento longitudinal (tramo móvil levantado): 93,50 Tn.

### 3.8.3 Cálculos de los accesos.

#### 3.8.3.1 Tablero Zona F.F.C.C. Estribo 1.

- Características del Tablero.

El tablero tiene un ancho variable de 8,96 m a 12,46 m y una luz de cálculo de 18,50 m.

El tablero consta de dos vigas en cargas de 2,40 m de canto y 2,34 de ancho cuyos ejes se sitúan sensiblemente coincidiendo con los ejes de la vía de ferrocarril, con el fin de evitar que se produzcan tensiones de gran importancia.

Ambos cajones son aligerados con alma de 40 cm, losa inferior de 20 cm y superior de 40 cm.

El esquema de la sección tipo del tablero ferroviario:

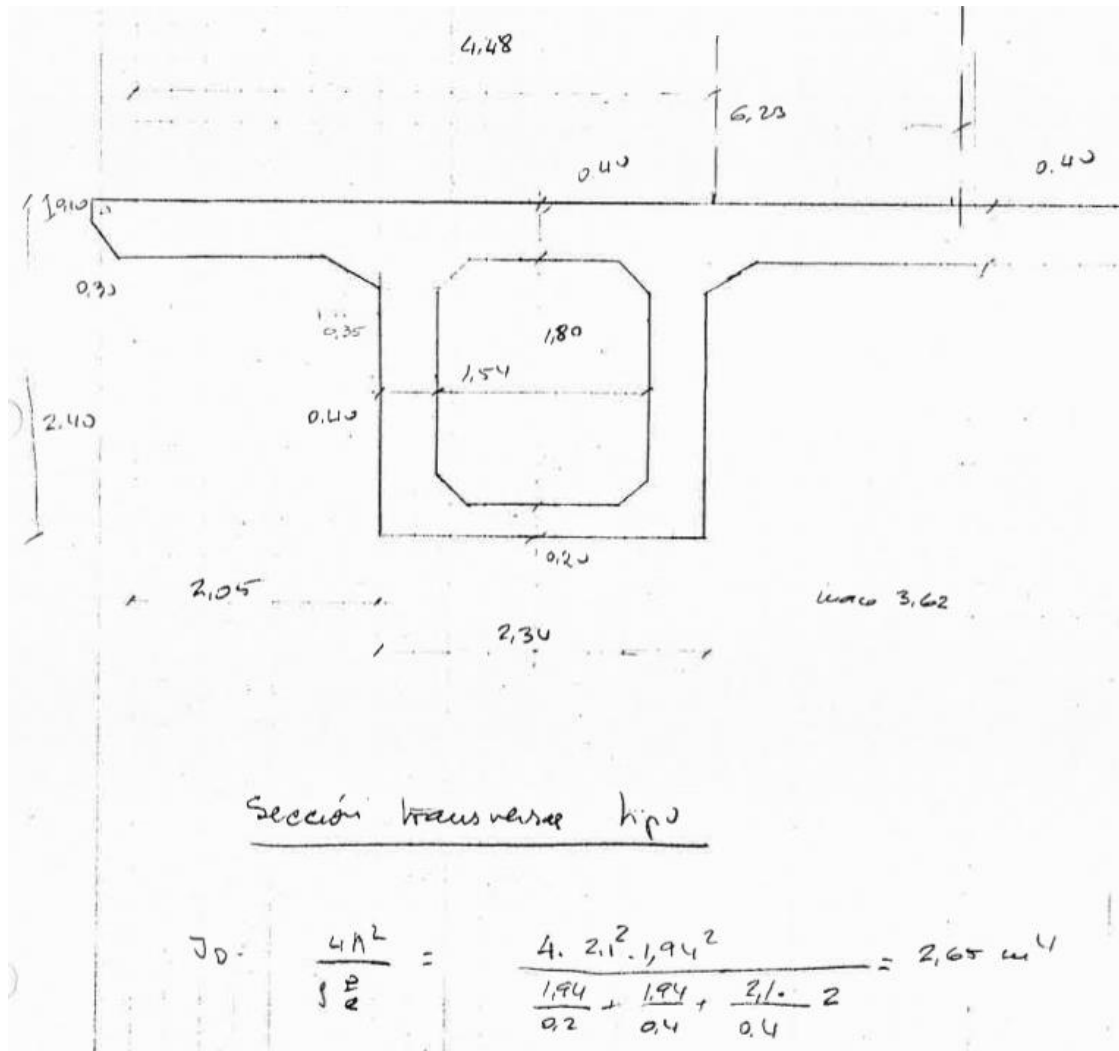


Ilustración 52. Sección tipo del tablero ferroviario. Fuente: Ayto. de Sevilla. Gerencia de Urbanismo.



- Esfuerzos.

Los esfuerzos que se producen en la viga longitudinal, incluyendo cortantes y torsores en apoyos y momentos en el centro del vano, son:

	Viga recta					Viga poligonal				
	M	V		T		M	V		T	
Peso Propio	450	92	98	24	19	434	94	92	38	4
Sobrecarga	326	73	90	106	76	322	76	88	45	56

Tabla 5. Esfuerzos en el centro del vano del tablero ferroviario.

Los esfuerzos son análogos por lo que se dimensiona para los valores mayores.

### 3.8.3.2 Tablero Zona viaria. Estribo 2.

- Características del tablero.

El tablero tiene un ancho de 27,20 m y una luz de cálculo de 18,50 m. Está formado por cuatro vigas cajón aligeradas, unidas transversalmente por una losa de compresión.

El esquema de la sección tipo del tablero viario:

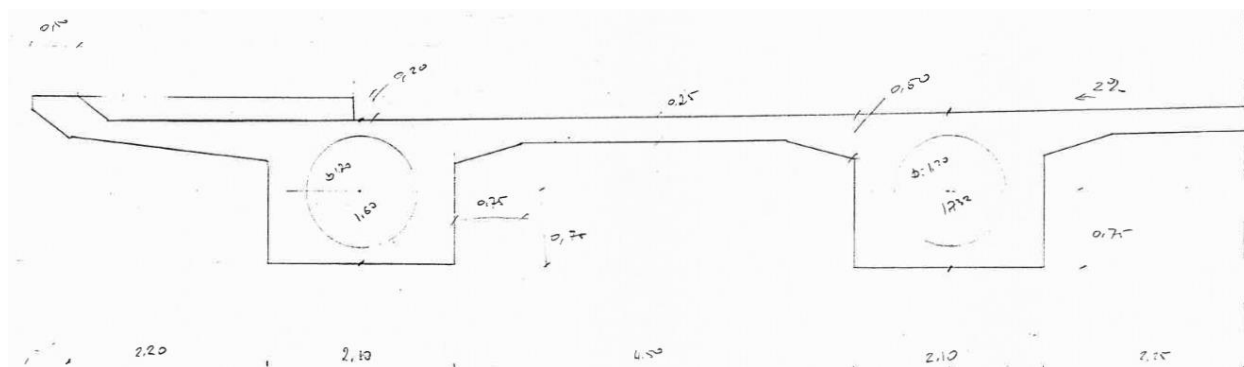


Ilustración 53. Sección tipo del tablero viario. Fuente: Ayto. de Sevilla. Gerencia de Urbanismo.

- Esfuerzos.

Los esfuerzos que se producen en las vigas de borde e interior, incluyendo los cortantes en apoyos y los momentos flectores en el centro del vano, son:

	Viga de borde		Viga interior	
	M	V	M	V
Peso Propio	350	76	404	87
Carga Permanente	126	28	54	11
Sobrecarga uniforme	128	29	137	32

Tabla 6. Esfuerzos en el centro del vano del tablero viario.

### 3.9 Plazo de ejecución.

La Obra comenzó a principios del año 1989 y terminó en diciembre de 1990. La inauguración del puente estaba prevista para agosto de 1990 pero tras sufrir varios incidentes, se retrasó.

### 3.10 Incidencias.

Durante su construcción, el puente tuvo dos grandes incidencias.

En julio de 1990, la construcción del puente sufrió un parón, por lo que el plazo de ejecución se retrasó cuatro meses. Cuarenta días después, los periódicos hablaban sobre una posible venganza del Ministro de Obras Públicas contra el Ayuntamiento de Sevilla.

Tras una visita de Manuel del Valle Arévalo, por aquel entonces alcalde de Sevilla, al ministro de Obras Públicas y Urbanismo, Javier Sáenz de Cosculluela, se atribuyó este parón a una falta de financiación.

Poco antes de que se cumplieran dos meses desde la paralización, el 18 de septiembre se dio la orden de proseguir con las obras del puente.

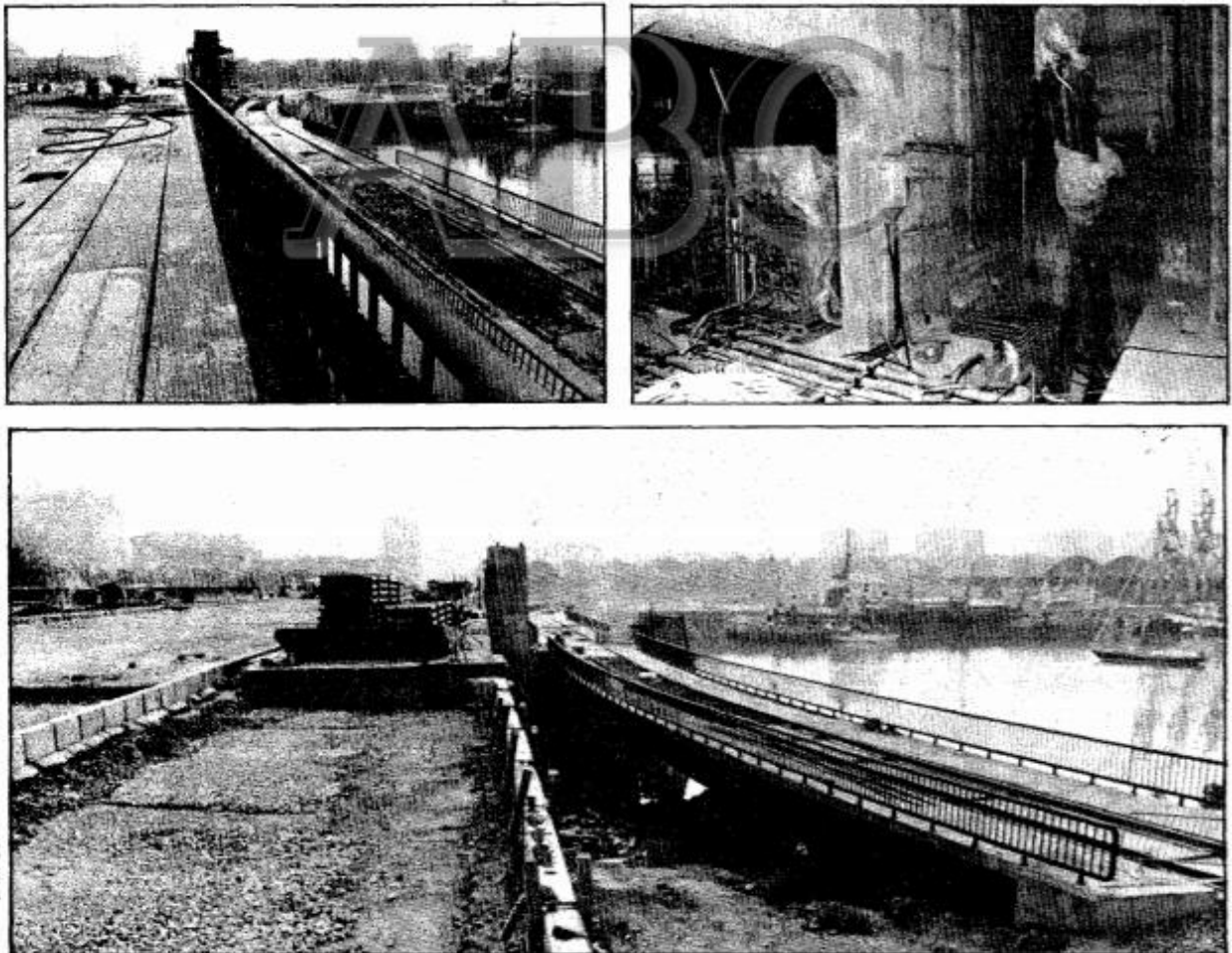


Ilustración 54. Estado del puente durante el parón de julio de 1990. Fuente: Periódico ABC.

El 21 de noviembre estaba programado realizar las pruebas de carga del tablero ferroviario, pero tuvieron que suspenderse a causa de la lluvia que cayó sobre Sevilla, aunque dos locomotoras de 111 toneladas atravesaron la solapa de unión sin que se detectase problema alguno.

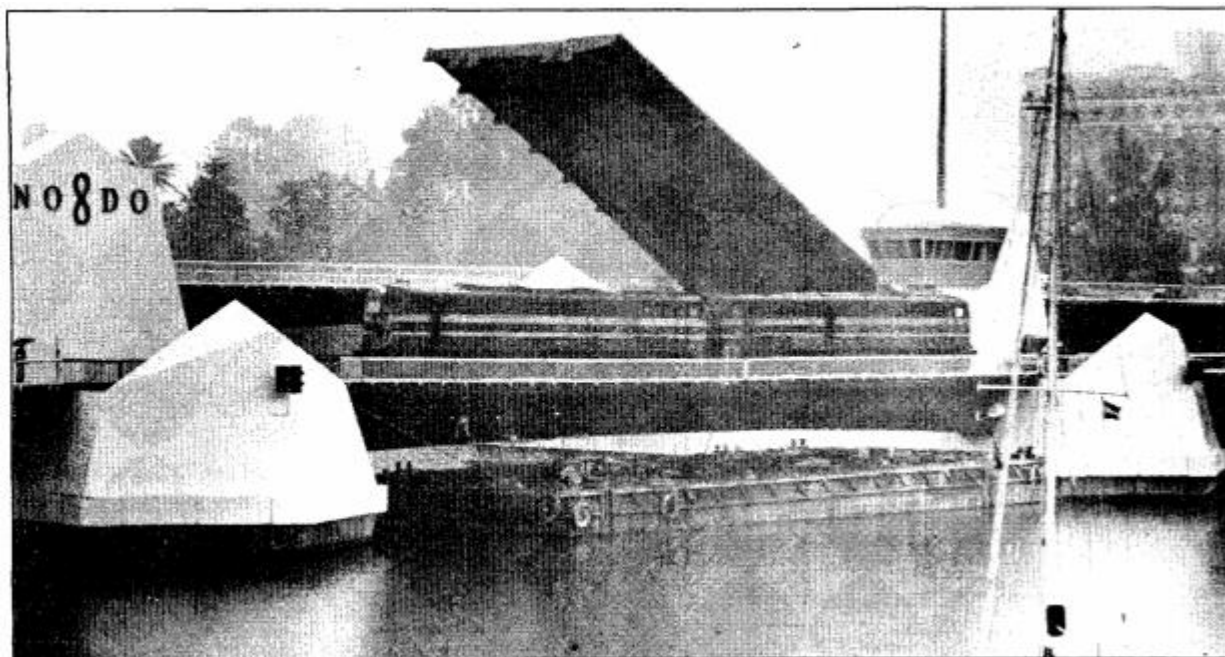


Ilustración 55. Estado del puente durante la lluvia del 21 de noviembre de 1990. Fuente: Periódico ABC.

### **3.11 Presupuesto.**

El presupuesto de la obra rondaba los dos mil ciento treinta y ocho millones de pesetas (2.138.000.000 pts), presupuesto de ejecución por contrata, IVA incluido.

### **3.12 Participantes.**

El Proyecto fue redactado en 1987 por la oficina Carlos Fernández Casado S.L. para el Ayuntamiento de Sevilla, en el área de actuación urbanística EXPO'92, dirigido por el ingeniero del Ayuntamiento Virginio Moreno López y llevado a cabo por la empresa constructora Dragados y Construcciones S.A.

La ejecución de la obra pasó a la Junta del Puerto del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, que se hizo cargo del puente y dirigió las obras.

### 3.13 Fallos y averías del puente.

Han pasado ya casi 30 años de la construcción del puente de Las Delicias. A lo largo de su vida ha tenido múltiples fallos y averías durante las cuales Sevilla ha sufrido grandes retenciones y atascos.

En noviembre de 1996 se produce el primer fallo del puente, donde uno de los anclajes se averió, suspendiendo la circulación sobre él.



#### **Avería en uno de los anclajes del Puente de las Delicias**

Sobre las cinco de la tarde de ayer una avería en uno de los anclajes del puente levadizo de las Delicias obligó a suspender la circulación por el mismo. Los automovilistas que en esos momentos pasaban por el puente tuvieron que salir marcha atrás, dada la imposibilidad de arreglar la avería sobre la marcha. (Página 71)

Ilustración 56. Periódico ABC 24/11/1996.

En mayo de 1999 la Policía Local intervino para desviar el tráfico como consecuencia de una avería del puente levadizo.



#### **Una nueva avería en el puente de las Delicias provoca retenciones de tráfico**

La Policía Local tuvo que intervenir de nuevo en la tarde de ayer, en los alrededores del puente de las Delicias, para desviar la circulación rodada, como consecuencia de otra avería que lo mantuvo levantado varias horas, por causas que al cierre de esta edición aún se desconocían. Esta es la segunda ocasión en menos de un mes en la que un fallo del puente ocasiona retenciones y desvíos de tráfico. La última vez se abrió para que pasaran unas embarcaciones deportivas y no se pudo cerrar. (Sección Sevilla)

Ilustración 57. Periódico ABC 28/05/1999.

En febrero de 2001 se produjeron grandes atascos debido a una avería del puente, aunque el Centro de Coordinación de Emergencia lo achacó a los reiterados avisos de un barco para pasar por debajo.

## Gran atasco en el Puente de las Delicias

SEVILLA. **ABC**

Una avería en el funcionamiento del Puente de las Delicias, según la versión facilitada por testigos presenciales, provocó en la tarde de ayer retenciones durante más de una hora entre los automóviles que se encontraban en esta entrada de la ciudad.

Sin embargo, el Centro de Coordinación de Emergencia apuntaba como causa del gran atasco a los reiterados avisos que recibieron para que un barco pasara por debajo de este puente. A pesar del caos circulatorio que se produjo, la Autoridad Portuaria desconocía los detalles del suceso.

Ilustración 58. Periódico ABC 23/02/2001.

En marzo de 2006 una avería mecánica impidió la apertura del puente solicitada por un yate particular.

## Atascos de 45 minutos por una avería en el puente de Las Delicias

**A. E. Y.**

Una «pequeña avería mecánica», impidió ayer la apertura del Puente de Las Delicias, solicitada por un yate particular, lo que ocasionó 45 minutos de retenciones en los dos accesos, según informaron a ABC fuentes del Puerto de Sevilla. Los vehículos que a las 17.00 horas de ayer intentaron cruzar la aduana recibieron indicaciones de la Policía para que esperasen la apertura

de las hojas del citado puente, maniobra que no es ajena a los habituales de este recorrido. Sin embargo, las dificultades del mecanismo hicieron que se prolongase la retención, y los agentes de tráfico comenzaron a intentar desviar a los vehículos que formaban tapón tanto en sentido Sevilla como en sentido Aljarafe y a la SE-30. Entonces, a la espera que estaban sufriendo los conductores hubo que

sumar un cierto desconcierto, puesto que las obras de instalación de la Portada de la Feria dificultaron extraordinariamente el desbloqueo del atasco. Las citadas fuentes explicaron que al comienzo de la maniobra de apertura del puente, la hoja norte no subió al mismo ritmo que la sur e incluso en un momento llegó a quedarse parada. Se debió a una avería en el sistema automático de la bomba de la

que depende la elevación de las partes móviles. Ante esta situación se requirió la presencia de los técnicos que tardaron unos 25 minutos en restablecer el mecanismo y para ello fue preciso hacer bajar la única parte que había subido, con lo que la embarcación que estaba a la espera no llegó a atravesar el ojo del puente. Finalmente, Puerto de Sevilla aseguró que el sistema de subida había quedado operativo.



Ilustración 59. Periódico ABC 28/03/2006.

En marzo de 2008 una avería provocó importantes atascos en las vías de acceso próximas al puente.



## Una avería en el puente de Las Delicias provocó atascos y desvíos

Una avería en el puente de Las Delicias motivó un importante atasco en la tarde de ayer, tanto en los accesos a esta vía por la zona de Tabladilla y Palmera como desde el campo de la Feria. Desde el Cecop informaron que el puente tenía una apertura programada a las 20 horas para el paso de barcos y, por causas que se desconocían al cierre de esta edición, no se pudo cerrar. La Policía Local se trasladó al lugar para desviar el tráfico.

Ilustración 60. Periódico ABC 16/03/2008.



En 2010 se produjeron varias averías en un periodo de tiempo muy corto. El 13 de marzo permaneció el puente cerrado durante una semana, impidiendo la salida de tres embarcaciones. En junio, otra avería retrasó el paso de un crucero turístico, en el cual 300 personas tuvieron que desembarcar junto a la Torre del Oro. En octubre, el puente permaneció dos semanas cerrado a la circulación fluvial.

### Avería en el Puente de las Delicias, que no se podrá abrir hasta el martes

ABC

SEVILLA. El Puente de las Delicias no se podrá levantar hasta el próximo martes debido a una avería en el mecanismo que hace posible la subida, por lo que los tres barcos actualmente anclados en los muelles interiores no podrán salir hasta que se arregle el citado mecanismo.

El presidente de la Autoridad Portuaria, Manuel Fernández, informó ayer a E.P. de que «la avería se produjo el jueves», al tiempo que calificó la situación de «normal» y afirmó que «el problema puede estar relacionado con el temporal».

Anunció que hasta el martes por la mañana no podrán circular los barcos, ya que las embarcaciones afectadas que han quedado atrapadas son tres veleros de mástil alto, que requieren del elevamiento del puente para su paso.

Fernández agregó que las obras de reparación, que se acometerán en la madrugada del martes, no incidirán en el tráfico rodado.

### Una avería en el Puente de las Delicias retrasa el paso de los cruceros turísticos

Una avería detectada en el Puente de las Delicias de Sevilla capital retrasó ayer el paso durante dos horas de un barco en el que viajaban unos 300 excursionistas, que habían embarcado para recorrer el cauce del río hasta Sanlúcar de Barrameda. Los turistas se vieron obligados a desembarcar junto a la Torre del Oro temporalmente, para esperar que fuera subsanado el incidente.

Según informaron a E.P. fuentes de la Autoridad Portuaria, la avería se localizó en el puente del ferrocarril y ocasionó que ninguna embarcación pudiera pasar desde las 8,30 horas, de modo que el crucero tuvo que posponer la salida hasta las 11.00 horas, momento en el que finalmente fue repuesto el percarne. Un excursionista alertó del suceso y detalló que al llegar a la altura de la Torre del Oro un grupo de personas bajó del barco, al que regresaron «al poco tiempo» porque se abrió el puente. Tras ello, el barco turístico se dirigió a Sanlúcar de Barrameda como tenía previsto para continuar con la excursión.

### De puente a puente

Ocurrió en octubre. Al menos dos semanas estuvo el puente de las Delicias cerrado al tráfico fluvial. Un problema en los rodamientos de la máquina de elevación fue el origen de la avería. Durante ese tiempo, para algunos excesivos en un puente fundamental en el flujo de turistas de cruceros, los atraques se trasladaron a otras zonas operativas.

Fue el caso de un lujoso yate del círculo de Ricard, la gran empresa de anisets y bebidas alcohólicas. El yate estuvo atracado cerca de la antigua exclusiva, concretamente en la Sunside Marina. Cuando se terminó de arreglar el puente se invitó al yate de Ricard a que atracara frente a los nuevos restaurantes, a la otra parte del puente. Se negaron en rotundo argumentando que no se fiaban que el mecanismo fallara otra vez y se quedarán atrapados en la dársena, imposibilitando su salida para Brasil.

Ilustración 61. Periódico ABC del año 2010.

En diciembre de 2011, la embarcación Galeón no pudo acceder al Puerto. El arreglo de esta avería supuso un gasto de 11.000 euros. Debido al periodo de tiempo en que ocurrió, no supuso una gran repercusión debido a la escasez de barcos.

## Una avería en el puente de Las Delicias restringe el paso de barcos

► El fallo en el sistema hidráulico desde hace un mes no se arreglará hasta después de Reyes

M. D. ALVARADO  
SEVILLA

Una avería en el puente de Las Delicias restringe desde hace un mes el paso de barcos hacia el muelle más urbano del puerto. El problema se ha localizado en el sistema hidráulico que permite levantar las plataformas de su estructura y dejar vía libre a los barcos para su acceso al muelle de las Delicias o al embarcadero del Club Náutico. Aunque la Autoridad Portuaria ha adjudicado por la vía de urgencia los trabajos de reparación, con un coste que ronda los 11.000 euros, no se espera que la avería se resuelva al menos hasta pasado el día de Reyes.

Las restricciones de paso que esto implica no afectan a los barcos de mercancía y tampoco a los cruceros turísticos ya que ahora sólo opera «La Belle de Cadix» —los demás empezarán a operar en Sevilla a partir de marzo— y ese barco pasa sin dificultad bajo el puente. Los que sí se están viendo afectados son los barcos atracados en el Club Náutico. Desde este club comentaron que tienen un par de barcos de socios atracados desde hace semanas en el embarcadero del Sun Sails, en Punta del Verde, porque no pueden entrar en sus instala-



El puente de Las Delicias lleva averiado varias semanas

ciones, mientras muchos de sus socios no pueden sacar sus embarcaciones por el mismo motivo. Desde el club señalan que no es la primera vez que esto sucede y que el puente, no se sabe muy bien si por un fallo en su construcción o por falta de mantenimiento, ha tenido varias averías que han impedido la circulación de barcos, con las consiguientes pérdidas económicas tanto al Náutico como a la propia Autoridad Portuaria.

El puente de Las Delicias se construyó durante la transformación ur-

bana que precedió a la Exposición Universal de 1992, por lo que tiene ya 20 años. Durante estos años ha sufrido varias averías en su sistema de que han impedido el normal tráfico de barcos por la dársena y que en algún caso, como el ocurrido en marzo de 2010, dejó «encerrados» a varios cientos de cruceristas.

Este verano se realizaron obras en él con un coste de medio millón de euros, aunque en ese caso fueron para la puesta a punto de las plataformas ferroviarias.

Ilustración 62.  
Periódico ABC  
28/12/2011.



En 2012, uno de los diseñadores del puente, Leonardo Fernández Troyano, alertó sobre la necesidad de examinar el sistema de accionamiento después de soltarse uno de los gatos hidráulicos, lo que ocasionó que el puente permaneciese cerrado durante varios días.

## Otra avería en el puente de Las Delicias impide el paso de barcos

► El problema se produjo esta vez en el paso ferroviario, que no se puede izar

M. D. ALVARADO  
SEVILLA

El puente de las Delicias ha vuelto a averiarse. Desde el pasado 26 de mayo el mecanismo de apertura del paso ferroviario no funciona e impide que bajo el puente circulen muchos barcos ya que esas plataformas están a un nivel más bajo que por las que circulan los coches, no llega ni a cinco metros de la lámina de agua, por lo que limita mucho más el paso de embarcaciones.

### Viajes anulados

De hecho, varios yates se habrían quedado sin poder salir o entrar en la dársena por esa circunstancia; Cruceros Torre del Oro ha tenido que anular —con el consiguiente perjuicio económico— cuatro viajes —tres a Sanlúcar de Barrameda y otro a Isla Mínima— al no poder pasar por debajo del puente y hasta uno de los cruceros más fieles al puerto de Sevilla, el Belle de Cadix, ha tenido que atracar estos días no en el Muelle de Las Delicias donde lo hace habitualmente sino en el Muelle de Tablada, paralelo a la avenida de Las Razas, antes de pasar el puente.

Desde la Autoridad Portuaria confirmaron la avería, que se había pro-



La avería se ha producido en las plataformas ferroviarias

ducido al soltarse de la base uno de los elementos hidráulicos que permiten elevar la estructura del puente. Por motivos de seguridad, se había decidido no izarlo hasta que se hubiese solucionado un problema que parece se habría producido como consecuencia de la avería del año anterior; entonces el fallo en el sistema hidráulico habría hecho que esta parte de la estructura del puente soportase una mayor tensión que ha degenerado en el problema actual. Ya se está trabajando en solventar la avería aunque ayer no se tenía claro ni el coste de la misma ni cuando estará totalmente operativo el puente, aunque eso sí, se precisaba, que el problema no ha interrumpido en ningún momento el tráfico ferroviario de mercancías, tan importante para la actividad portuaria.

Esta nueva avería en el puente de Las Delicias se produce apenas seis meses después de que un fallo en el sistema hidráulico provocara que su estructura no se pudiera abrir durante aproximadamente un mes.

### Más de 20 años

El puente de Las Delicias fue uno de los que se construyeron durante la transformación urbana que precedió a la Expo del 92, por lo que tiene algo más de 20 años. Durante este tiempo ha sufrido varias averías en su sistema que han impedido el normal tránsito de barcos por la dársena del Guadalquivir. En algún caso, como en marzo de 2010, dejó «encerrados» a varios cientos de cruceristas en el muelle de las Delicias.

En 2011, se realizaron obras de mejora en él con un coste de medio millón de euros precisamente para la puesta a punto de las plataformas ferroviarias, donde ahora se ha producido la avería.

Ilustración 63. Periódico ABC 05/06/2012.

Un año después, en julio de 2013, otra avería impidió que se bajara la plataforma durante cuatro horas.

## Una avería cierra el puente de las Delicias durante cuatro horas

► La dilatación de las piezas provocó que la plataforma no pudiera encajar correctamente

MARTA R. DE LA BORBOLLA  
SEVILLA

El puente de las Delicias volvió a registrar ayer una avería en el mecanismo de apertura, lo que provocó que el tráfico tuviera que ser cortado en la pasarela y, por consecuencia, desviado hacia otras zonas de la ciudad.

Según informaron fuentes de la Autoridad Portuaria de Sevilla, en torno a las 16:30 y tras levantar el puente para la salida de un yate, se detectó un problema técnico que no permitió que la plataforma pudiera volver a cerrarse correctamente, generando el consiguiente corte del tráfico.

Las mismas fuentes indicaron a ABC que los técnicos trabajaron desde el primer momento para solventar dicha avería, provocada por un problema de

dilatación, debido al calor, en las piezas que dificultaron que éstas volvieran a encajar para su adecuado cierre, lo que mantuvo la pasarela cerrada durante cuatro horas.

Efectivos de la Policía Local con patrullas colocadas a ambos lados del puente, ordenaron el desvío de la circulación a otras zonas de la ciudad, principalmente hacia el puente de Los Remedios, recomendándose el uso de itinerarios alternativos.

En torno a las 19:50 se confirmó que la avería estaba solucionada, y tras realizar las pruebas necesarias, a los pocos minutos quedó restablecido definitivamente el tráfico con total normalidad, según informaron fuentes municipales.

Esta avería no es la primera que afecta al puente de las Delicias, ya que hace poco más de un año se produjo también un fallo al soltarse de la base uno de los elementos hidráulicos en las plataformas ferroviarias. A consecuencia de esta incidencia varios yates quedaron sin poder salir ni entrar en la dársena.



Tramo del puente de las Delicias en el que se produjo la avería

KARLO BAÑGEL

Ilustración 64. Periódico ABC 08/07/2013.



En septiembre de 2014, un crucero procedente de Lisboa no pudo acceder al Puerto durante dos horas debido a una avería, por lo que estuvo atracado en el muelle de Tablada.

## El Puerto resta importancia a la avería del puente de las Delicias

► La sexta que registra desde 2010 obligó el domingo a un crucero a atracar en Tablada

AMALIA FLÉRIDA  
SEVILLA

El crucero Bremen, procedente de Lisboa y consignado por la empresa Bergé Marítima, que debía hacer escala este domingo en el Muelle de las Delicias del Puerto de Sevilla, con 140 pasajeros, no pudo realizarla debido a una avería en el puente levadizo.

De este modo, el crucero ha permanecido atracado en la zona más próxima a Tablada, para proseguir rumbo a Gibraltar como siguiente escala.

Esta embarcación de bandera alemana tiene 112 metros de eslora, 17 de manga y 5 de calado y cuenta con 140 pasajeros y una dotación de 110 tripulantes.

Según fuentes portuarias, atracó en Tablada por decisión del capitán ya que la «avería se subsanó en menos de una hora». Explicaron que fue motivada por un relé o relevador, que es un dispositivo electromecánico que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico. Una «avería menor», dicen en el Puerto, en donde añaden que hace un año se hizo una reparación completa al puente y que además tiene un contrato de mantenimiento para que esté siempre a punto. También aclaran que para los casos en los que un barco tenga que anclar pasando el puen-



Tableros levantados para el paso de embarcaciones

JUAN FLORES

te y no pueda por motivos técnicos del viaducto hay un protocolo para atender a los pasajeros y facilitar la escala. Esta es la sexta avería del puente que se tenga constancia en cuatro años.

Así, sin ir más lejos en marzo de 2010 estuvo cuatro días sin poder abrirse por una avería en el mecanismo que eleva los dos tableros para dar paso a las embarcaciones. Afectó a tres veleros de mástil alto que no pudieron circular hasta pasados los cuatro días. Tres meses más tarde, ese mismo año, se detectó otra avería localizada en el puente

de ferrocarril que retrasó el paso durante dos horas de un barco en el que viajaban unos 300 excursionistas que venían de Sanlúcar de Barrameda y tuvieron que desembarcar junto a la Torre del Oro temporalmente.

Al año siguiente, en el mes de diciembre, falló el sistema hidráulico que permite levantar las plataformas de su estructura. Esa vez estuvo varias semanas averiado y los trabajos de reparación rondaron los 11.000 euros. Ese año se realizaron otras obras de mejora por un montante de medio millón de euros,

precisamente, para la puesta a punto de las plataformas ferroviarias. A los seis meses, de la última avería en mayo de 2012 se estropeó, de nuevo, el mecanismo hidráulico de apertura del paso. En concreto, se soltó de la base uno de los elementos que permiten elevar la estructura. Varios yates se quedaron si poder salir o entrar de la dársena y la empresa Cruceros Torre del Oro tuvo que anular cuatro viajes. El año 2013 no quedó ajeno a los contratiempos ya que en julio se averió el mecanismo de apertura.

### De la Expo 92

El puente de las Delicias fue diseñado por los ingenieros de caminos españoles Leonardo Fernández Troyano y Javier Manterola Armisen durante la preparación de la Exposición Universal de Sevilla 1992.

Se construyó entre 1988 y 1990 por Dragados y Construcciones con el fin de reemplazar el Puente de Alfonso XIII que era de 1929 y ya estaba obsoleto. El viaducto es un doble puente móvil, con dos tableros independientes levadizos, para tráfico rodado y ferreo de mercancías, que permite el paso de embarcaciones hacia el puerto. Ambas estructuras tienen un vano central móvil que funciona independientemente, soportados por dos grandes pilares centrales huecos en cuyo interior se aloja la maquinaria para el levantamiento.

Ilustración 65. Periódico ABC 23/09/2014.

En mayo de 2015, un fallo en el sistema de electricidad paralizó el movimiento de los tableros. Se tuvo que activar un protocolo por el cual los pasajeros del crucero “*Ocean Majesty*” tuvieron que desembarcar en el muelle de Tablada. Después de esta avería, la Autoridad Portuaria se planteó inutilizar el puente y buscar otros puntos para el desembarco de pasajeros.



### Un crucero no atracó ayer en las Delicias por un fallo en el puente

El crucero «Ocean Majesty» no pudo atracar ayer en el muelle de las Delicias debido a un nuevo fallo, esta vez eléctrico, que impidió que el puente levadizo funcionara con normalidad. Por este motivo, la embarcación se quedó en el muelle de Tablada, que se ubica tras las naves de la avenida de Las Razas. El fallo se produjo en torno a las cuatro de la tarde, hora en que este crucero tenía prevista su llegada a Sevilla procedente de Málaga. Cuando el «Ocean Majesty» se aproximó al puente de las Delicias y se inició la operación para elevar los tableros que le permitirían llegar al muelle más céntrico del puerto, la plataforma ferroviaria se alzó pero aquella por la que circulan los coches, no. La avería del puente se arregló en algo más de una hora y media, aunque eso ya no afectará a este barco, que partirá hoy desde el muelle de Tablada hacia Lisboa. [SEVILLA]

Ilustración 66. Periódico ABC 28/05/2015.

En junio de 2017 la Autoridad Portuaria sacó a licitación la mejora necesaria del puente de Las Delicias, con vistas a que cesen los fallos y a mejorar el aspecto físico del mismo.



Ilustración 67. Deterioro de la calzada y del acerado.



Ilustración 68. Deterioro de las pilas.



Ilustración 69. Deterioro de la casetilla de control.



Ilustración 70. Deterioro de la vía de ferrocarril.



### 3.14 Modernización del Puente.

El Puerto de Sevilla sacó a licitación, por 3,63 millones de euros, el proyecto “Adaptación del puente de Las Delicias a nuevos requerimientos”, es decir, la modernización y mejora de la infraestructura basculante, que en los últimos años ha sufrido múltiples fallos y averías, como se ha comentado anteriormente.

En el concurso público, promovido por la Autoridad Portuaria para ofertar este contrato, participaron dos propuestas procedentes de las uniones temporales de empresas (UTE) constituidas de un lado por las sociedades Heliopol y Tecade, y de otra parte por Apimovilidad, Imesapi y Ecocivil.

En agosto de 2017, la Autoridad Portuaria de Sevilla, presidida por Manuel Gracia, asignó por 2.959.536 euros, a la oferta de la UTE formada por Apimovilidad, Imesapi y Ecocivil, con un plazo de ejecución de trece meses.

Los trabajos necesarios para la adaptación del puente implican el acondicionamiento de todos los elementos del puente:

- Adaptación del puente de ferrocarril, incluyendo reposición y sustitución de vías.
- Adaptación de la cabina de control.
- Desmontaje de equipos y montaje de nuevos en la sala de maquinaria bajo el puente.
- Mejora de juntas en el puente de rodadura.

Las obras de modernización y mejora del puente tuvieron lugar entre enero y septiembre de 2018. Una vez que se produjeron las demoliciones y la limpieza, se procedió a las mejoras de accesibilidad o señalización. Se reinstauró por completo la instalación hidráulica, el cableado, alumbrado, sensores, sistema de control y las telecomunicaciones. A continuación, se repararon las juntas de dilatación, el sistema de drenaje del tablero viario y se mejoraron la calzada y el acerado.

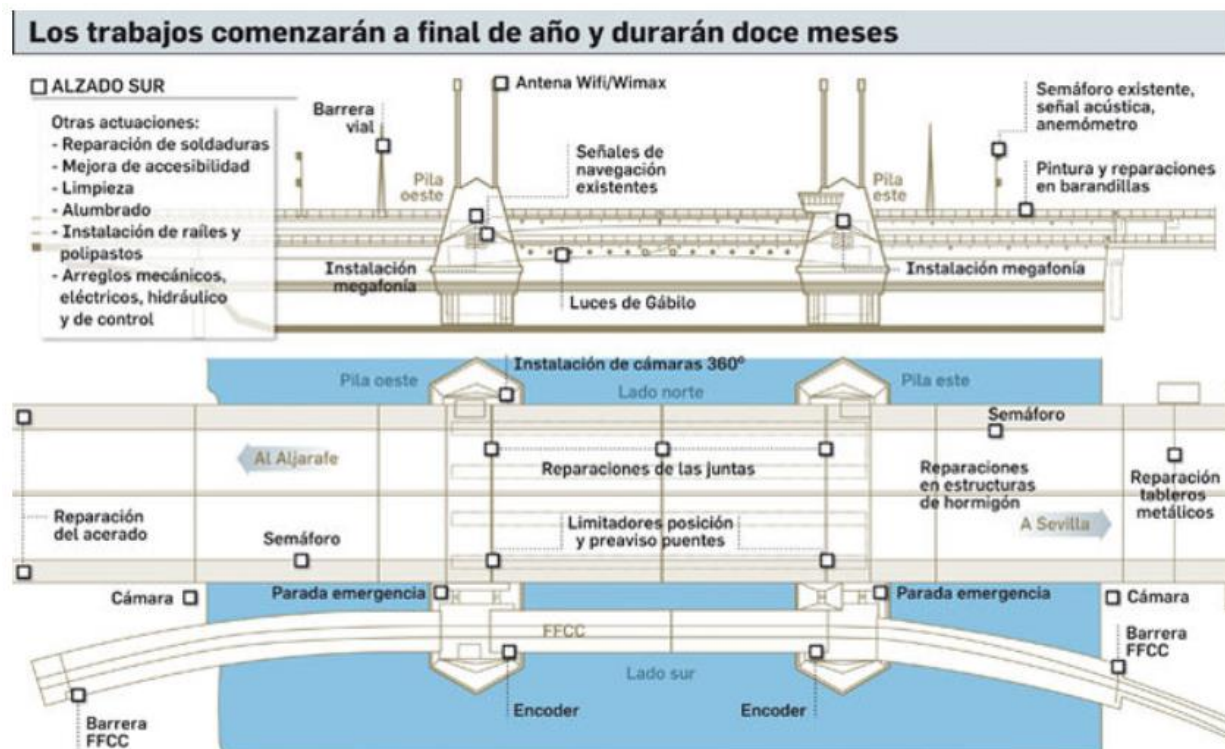


Ilustración 71. Reparaciones del puente de Las Delicias.

### 3.15 El Puente en la actualidad.

En junio de 2019, Sevilla veía la llegada del Ejército y la Armada a través del río Guadalquivir y por vía aérea.

Se organizaron múltiples tareas en las plazas militares de la ciudad. Se realizaron actividades, demostraciones, exhibiciones y exposiciones para que todas las personas conociesen el labor que estas organizaciones efectúan, que no es más que un buen servicio a España y a los españoles.

El puente de Las Delicias se abrió para dar paso a embarcaciones importantes. Bajo el puente, se pudo ver al submarino “*Tramontana*”, cuya tripulación subió a la cubierta para saludar y recibir la bienvenida de todos los sevillanos que acudieron al evento.



Ilustración 72. Submarino Tramontana bajo el puente de Las Delicias.

A la Dársena accedían también los buques de acción marítima (BAM) “*Furor*” y “*Audaz*”, así como el patrullero “*Centinela*” o el cazaminas “*Duero*”. Todos ellos, atracados en el muelle de las Delicias, se encontraban abiertos para que el público pudiese conocer el interior de las embarcaciones.

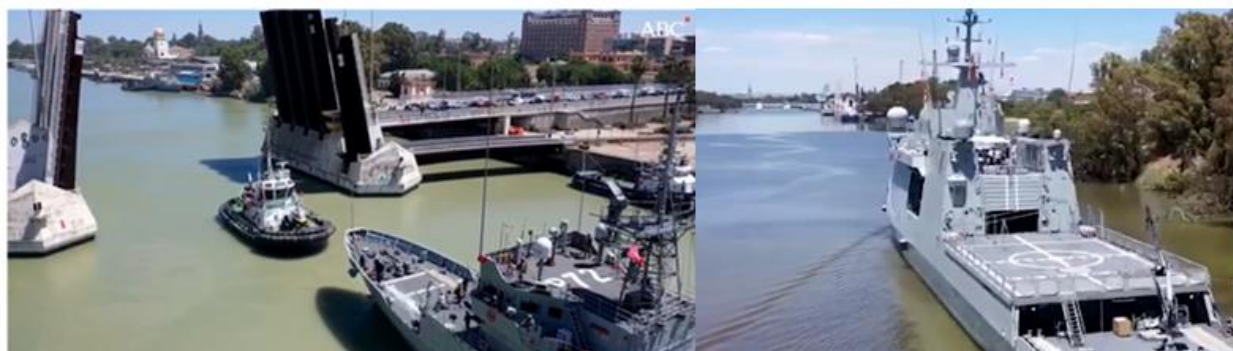


Ilustración 73. Patrullero de Altura “Centinela” pasando bajo el puente de Las Delicias.

Ilustración 74. Llegada del buque de acción marítima al Puerto de las Delicias.

# PROCESO DE DISEÑO Y MODELADO

---

La elaboración de este Trabajo de Fin de Grado se puede resumir en cuatro bloques:

## **4.1 BLOQUE I: Búsqueda de información.**

Una vez elegido y asignado el trabajo, procedí a buscar páginas de internet, libros y revistas para recopilar información posible sobre el puente. El primer problema que se me puso por delante fue la falta de información sobre el puente en internet, que encontré poco más que algunas fotografías, materiales de diseño, tipo de puente y parte de información del puente Alfonso XIII, sin embargo, había mucha información sobre las averías que había tenido a lo largo de su vida.

Viendo la falta de información hablé con Gerencia de Urbanismo que me dejaron ver el proyecto. La única pega que había es que el proyecto estaba en papel y no en digital, por lo que hice fotos de algunos planos para tener mas datos.

He usado también información ofrecida por el tutor y sacada del libro *“Los puentes sobre el Guadalquivir en Sevilla”*, escrito por el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Sevilla con la colaboración de EMASESA.

## **4.2 BLOQUE II: Realización del modelo en 2D mediante AutoCad.**

Con el motivo de entender mejor la geometría interna y externa del puente realicé los planos en 2D en un programa que sabía manejar con facilidad, AutoCad.

El primer plano que diseñé fue el alzado y planta general para obtener una visión global de las medidas y las dimensiones del puente.



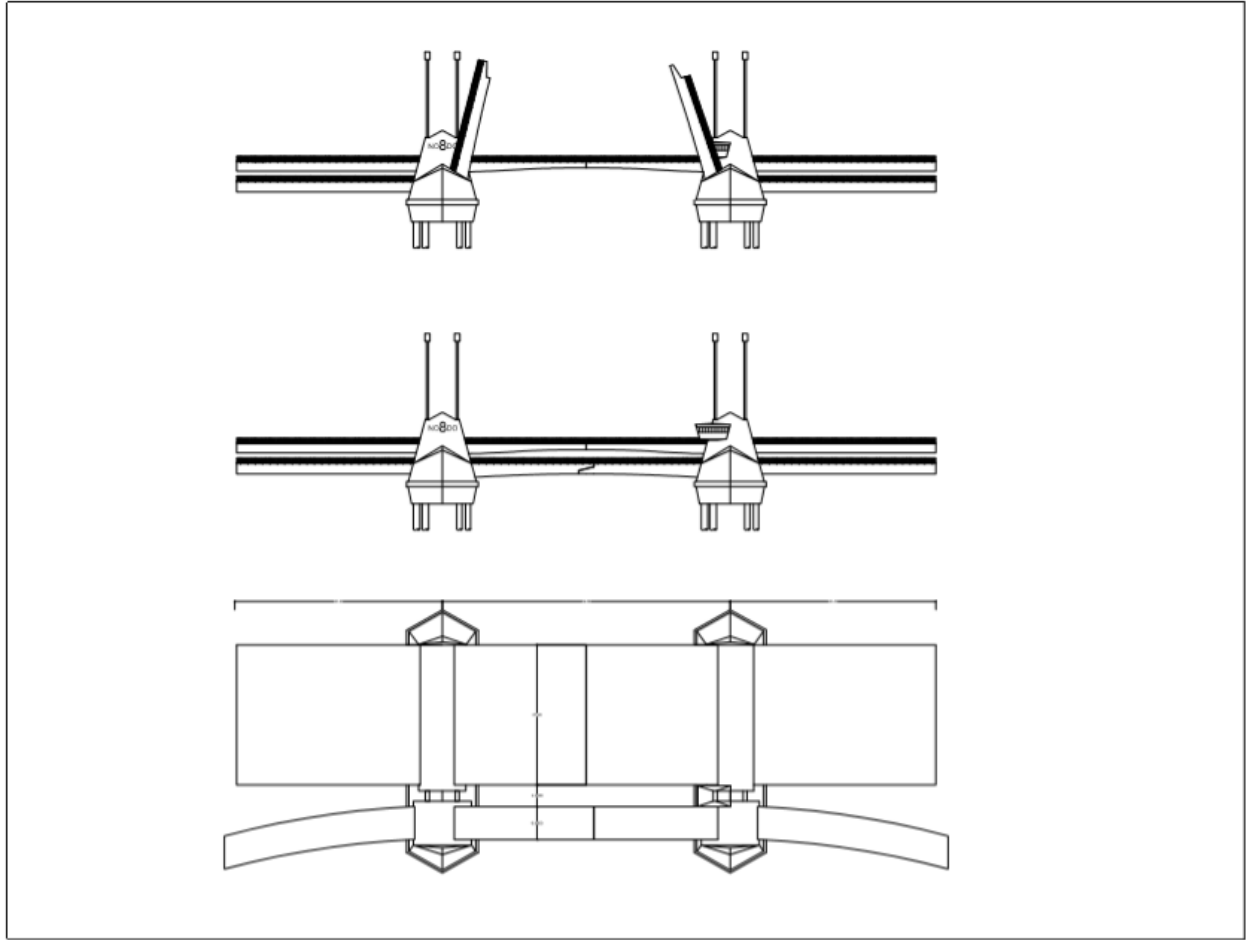


Ilustración 75. Alzado y planta general.

Al ser un puente de canto variable, por el tramo móvil, para llevar a cabo el diseño tomé las medidas de los siguientes puntos:

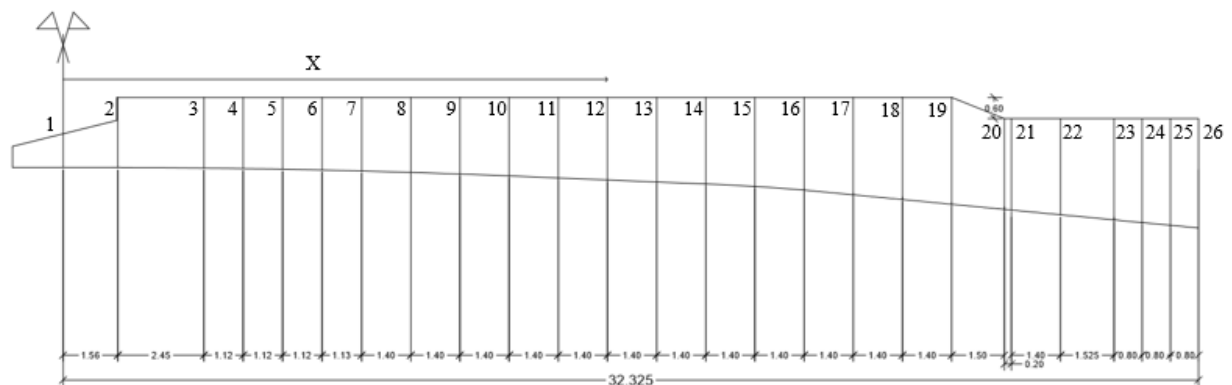


Ilustración 76. Plano puntos de cálculo para la geometría.

Punto	Coordenada (X)	Canto
1	0,0000	1,98850
2	1,5000	1,99174
3	4,0100	2,01179
4	5,1300	2,02662
5	6,2500	2,04509
6	7,3700	2,06718
7	8,5000	2,09316
8	9,9000	2,13048
9	11,3000	2,17347
10	12,7000	2,22215
11	14,1000	2,27650
12	15,5000	2,33653
13	16,9000	2,40224

Punto	Coordenada (X)	Canto
14	18,3000	2,47363
15	19,7000	2,55069
16	21,1000	2,63344
17	22,5000	2,72186
18	23,9000	2,81597
19	25,3000	2,91575
20	26,8000	2,42896
21	27,0000	2,44454
22	28,4000	2,55690
23	29,9250	2,68575
24	30,2750	2,71627
25	31,5250	2,82817
26	32,3250	2,90217

Tabla 7. Puntos de cálculo sección longitudinal puente de Las Delicias.

### 4.3 BLOQUE III: Realización del modelo en 3D mediante SolidEdge.

Este bloque del proyecto fue el más complejo debido a la dificultad que supuso aprender el programa desde el principio.

Tras varios intentos y entender que la geometría del puente era simétrica, decidí empezar por construir la mitad de la pila 1.

La primera forma de la pila fue de forma maciza, posteriormente la vacié para poder incorporar torres de control, sala de maquinaria, escaleras y las salas que la pila tiene por dentro.

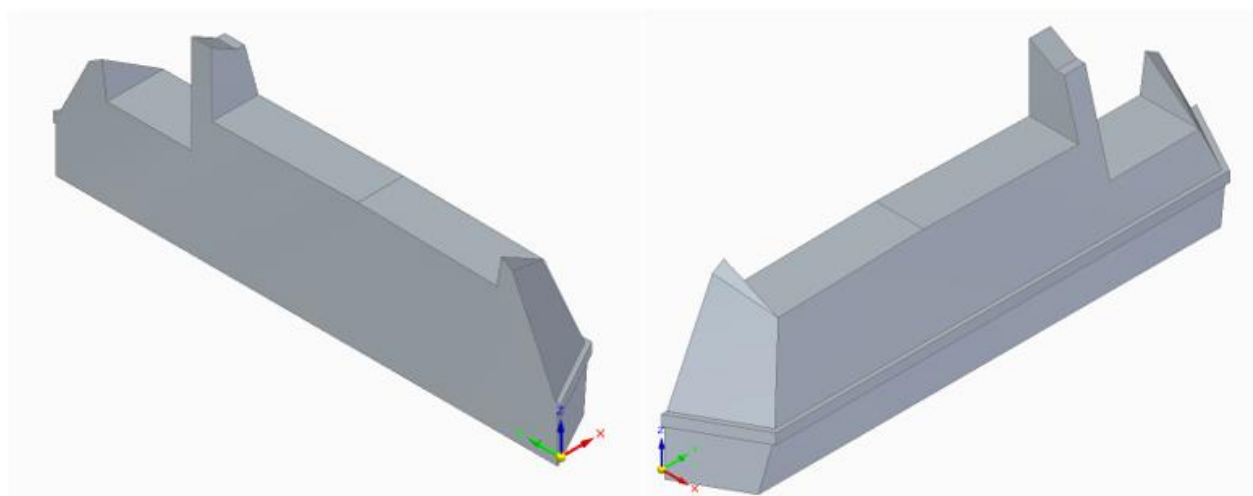


Ilustración 77. Mitad pila maciza.

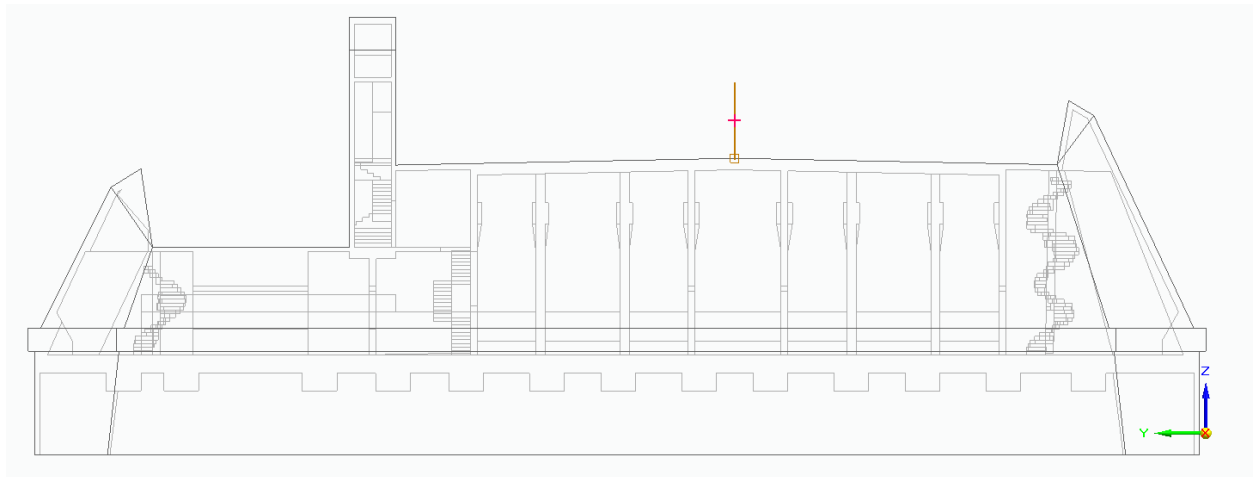


Ilustración 78. Sección longitudinal de la pila.

Una vez que la mitad de la pila estaba formada por todos sus huecos y escaleras correspondientes, realicé la simetría de esta y a continuación abrí espacios para terminar de formar la otra parte, ya que por dentro no es simétrica.

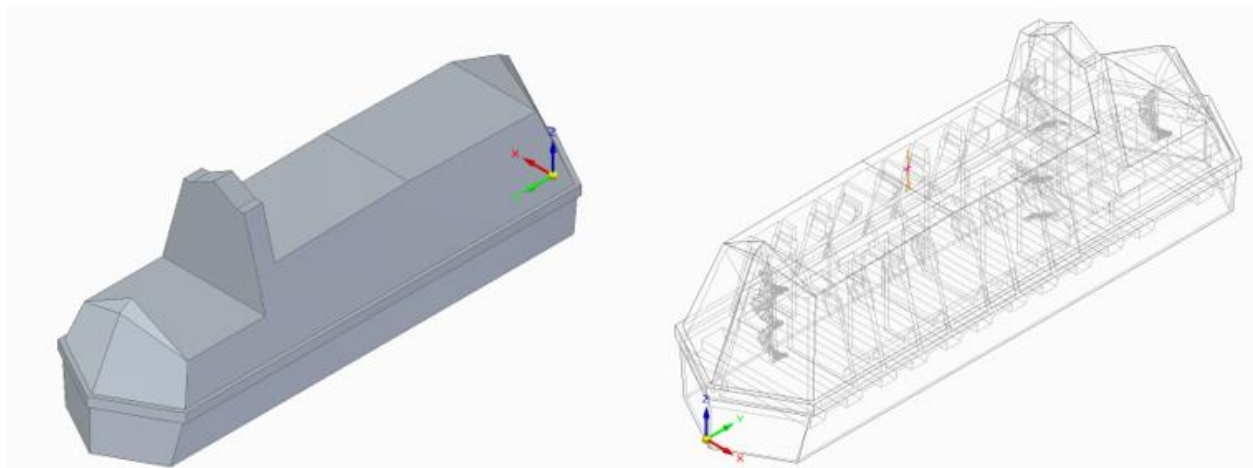


Ilustración 79. Pila terminada.

Una vez obtenida la geometría completa de la pil, procedí a realizar el tablero. Comencé por el tablero viario y luego proseguí con el ferroviario.

Se tratan de tableros con canto variable por lo que en primer lugar puse el canto de la sección mayor y luego comparando con los planos realicé una curva generando un sólido que protusionando acabó por formarse el canto variable. Para

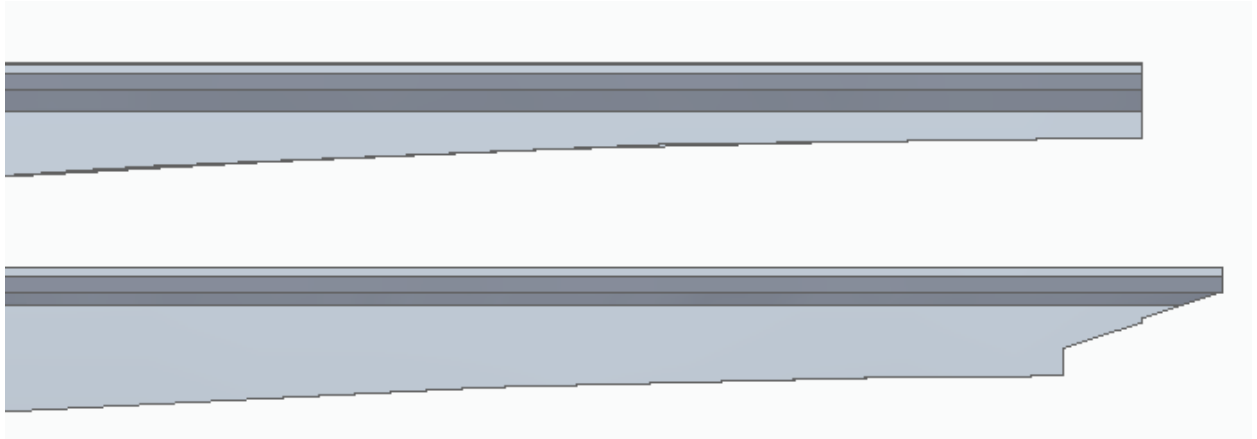


Ilustración 80. Perfil de los tableros. (Viario arriba y ferroviario abajo).

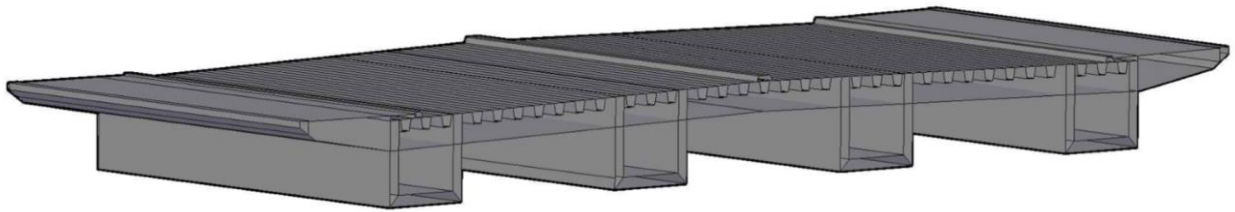


Ilustración 81. Tablero viario recto.

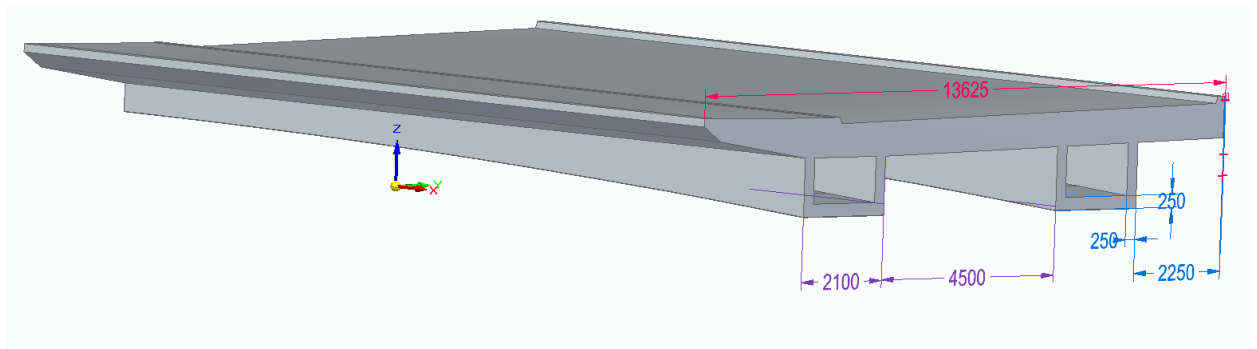


Ilustración 82. Mitad de tablero viario con canto variable.

Lo siguiente que hice fue encajar el tablero en la pila.

Para ello le di a la pila en su parte superior la forma del tablero, le hice los correspondientes huecos, y el tablero lo alargué hasta la pila.

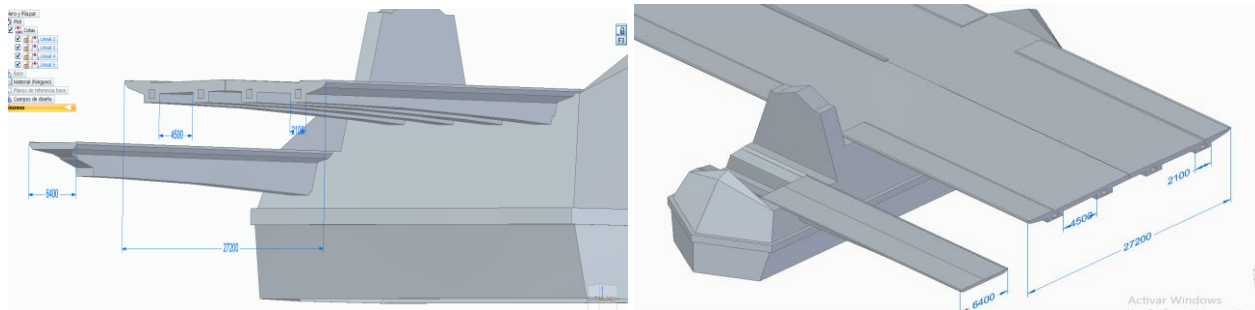


Ilustración 83. Vista de los tableros de canto variable.

Por la parte en que se une con las márgenes, el tablero no es de canto variable, si no constante.

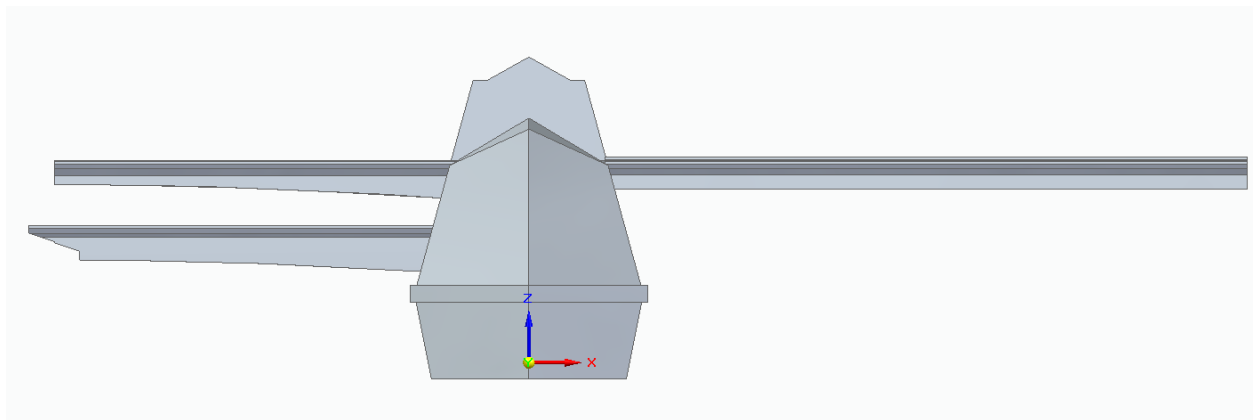


Ilustración 84. Alzado de los tableros del puente.

Cuando tuve la pila 1 y los tablero encajados, al ser el puente simétrico, realicé la simetría de este y coloqué la casetilla de control que es lo único que diferencia una pila de la otra.

Por último, coloqué las luminarias, barandillas y las correspondientes barras de seguridad de corte de tráfico para cuando el puente se encuentre abierto.

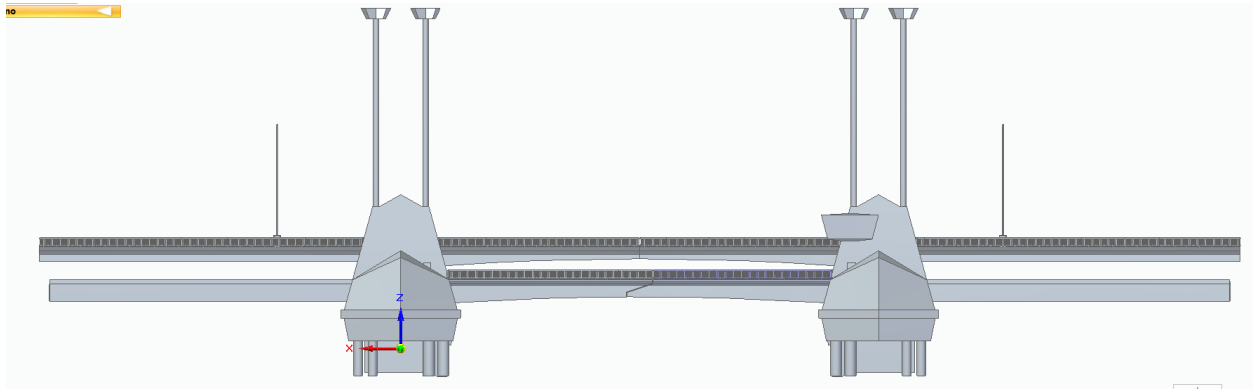


Ilustración 85. Alzado aguas abajo del puente de Las Delicias.

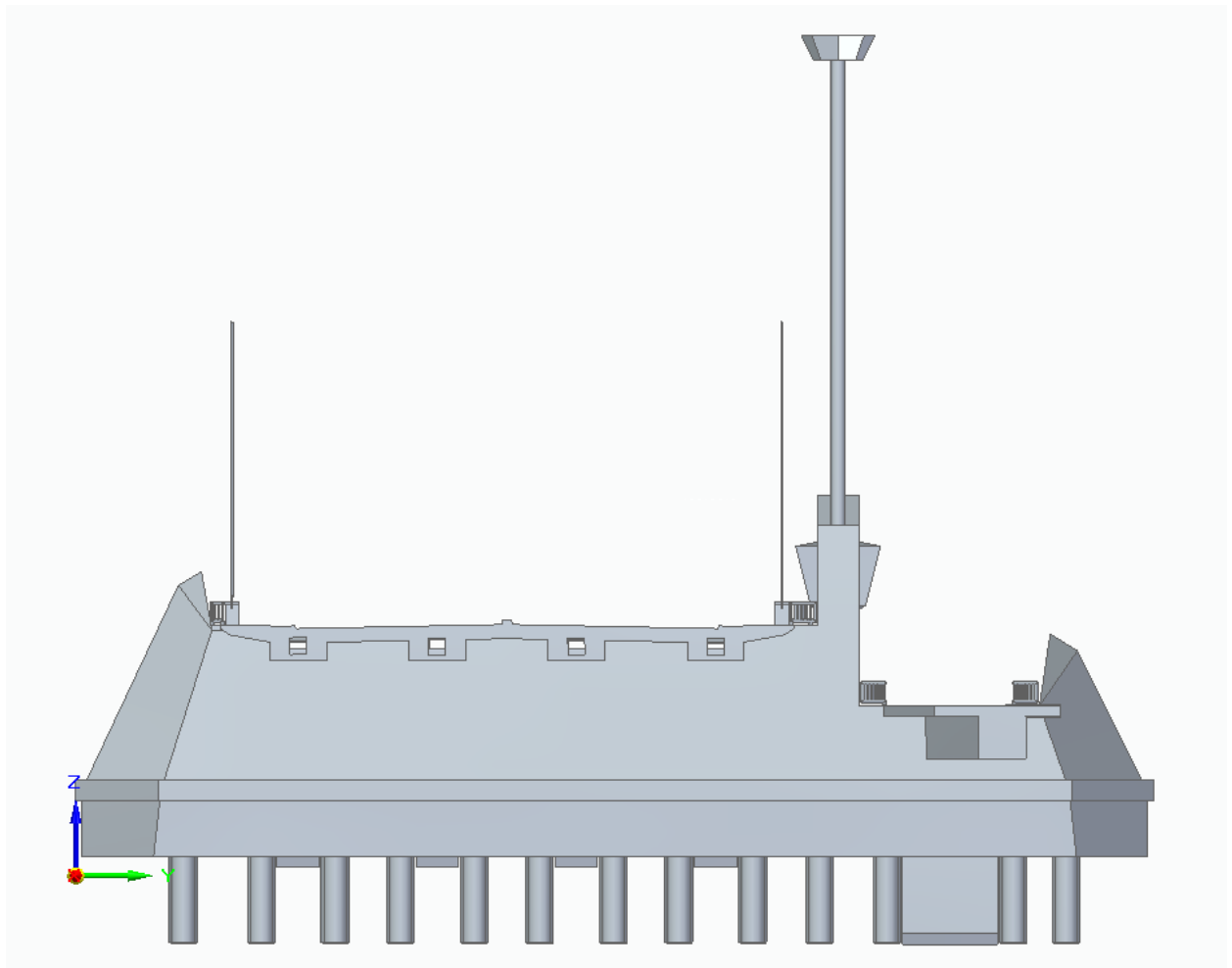


Ilustración 86. Perfil pila 2 del puente de Las Delicias.



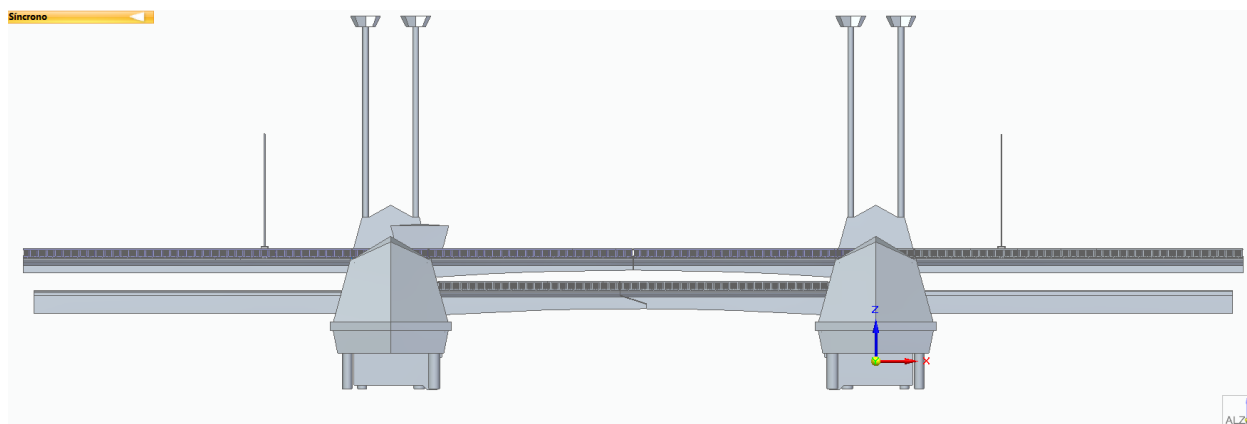


Ilustración 87. Alzado aguas arriba del puente de Las Delicias.

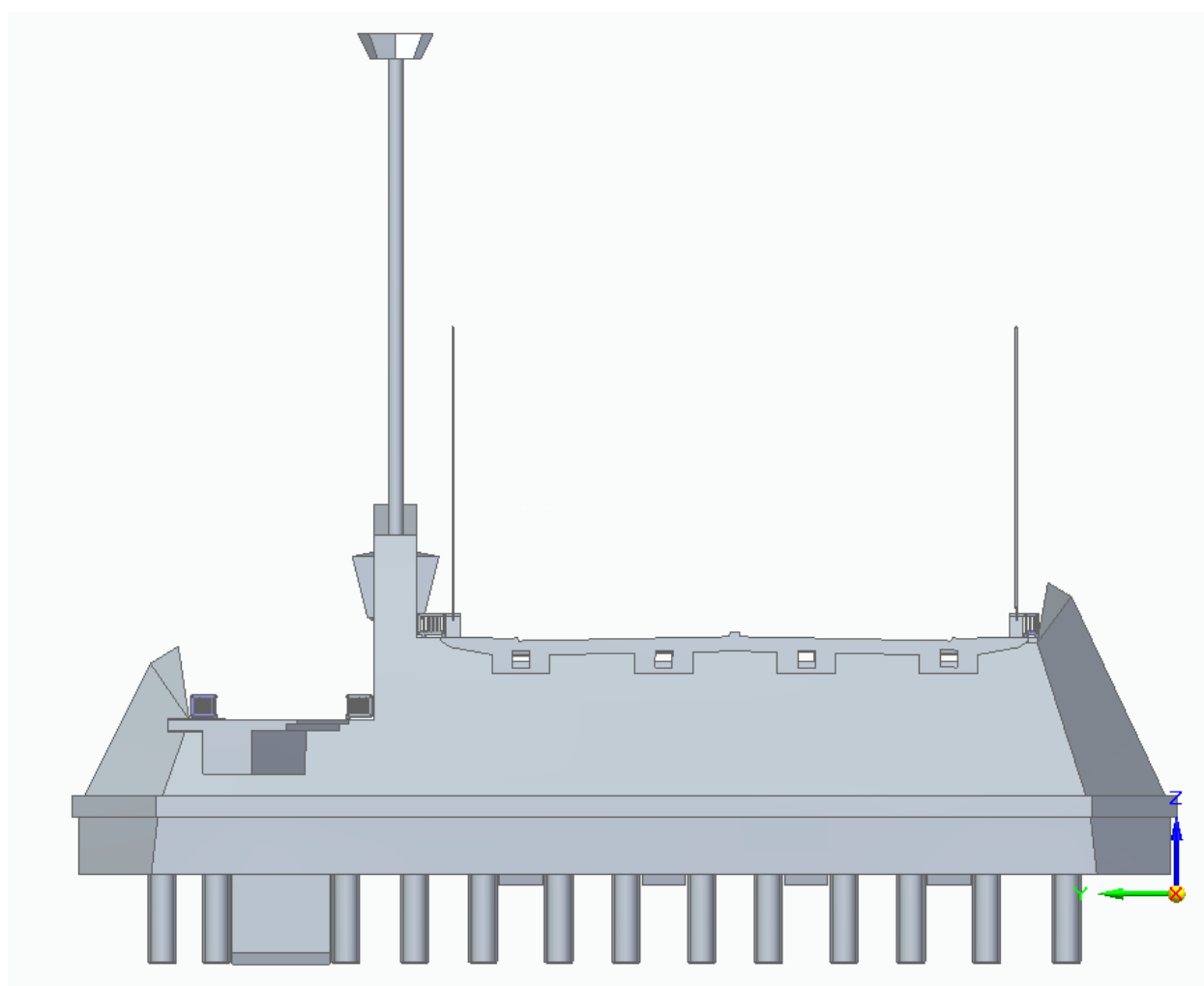


Ilustración 88. Perfil pila 1 puente de Las Delicias.

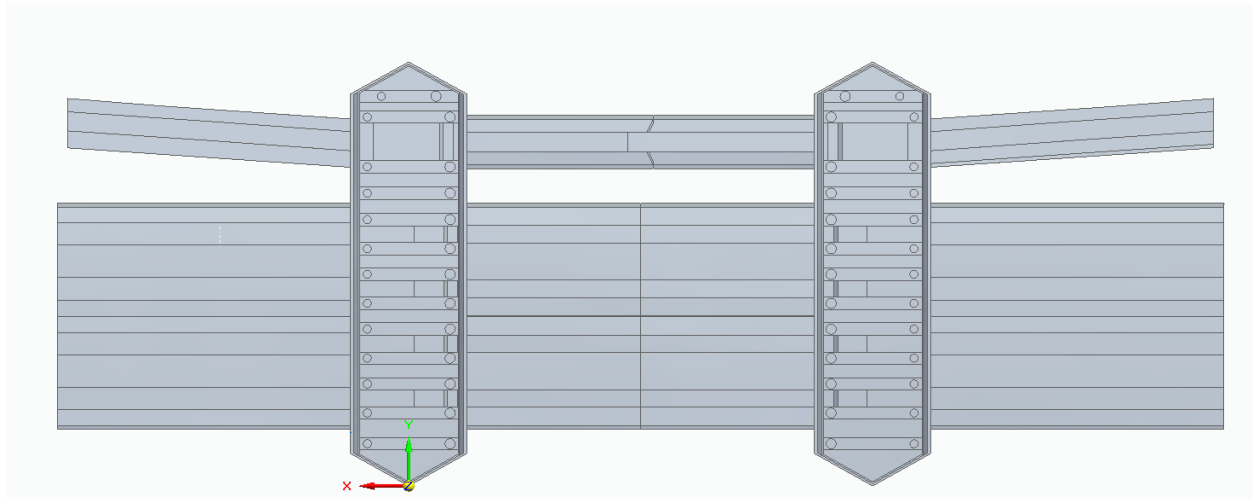


Ilustración 89. Vista inferior del puente de Las Delicias.

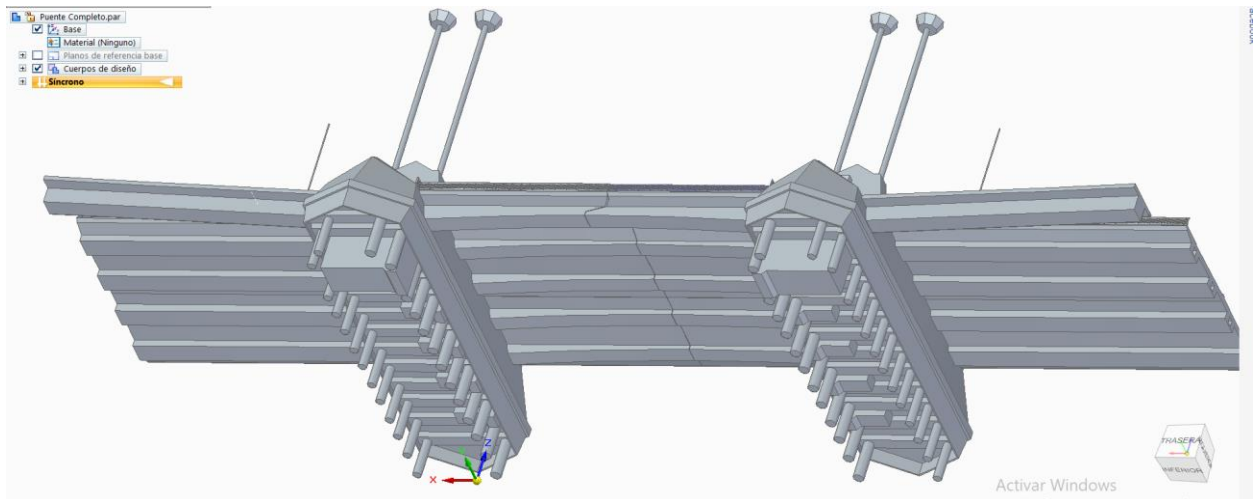


Ilustración 90. Vista de los pilotes y los tableros por la parte inferior.

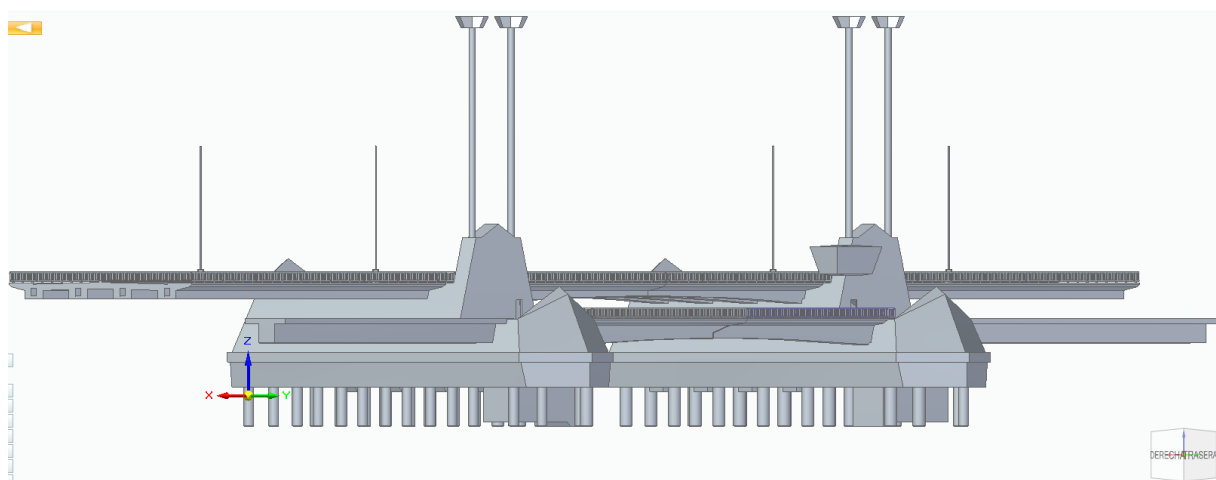


Ilustración 91. Vista lateral del puente aguas abajo.

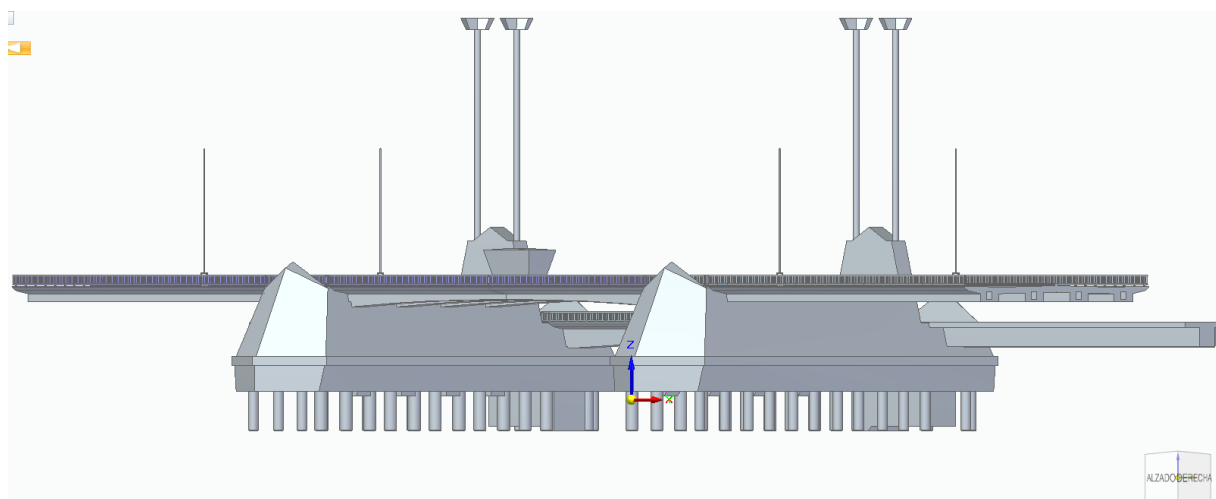


Ilustración 92. Vista lateral del puente aguas arriba.

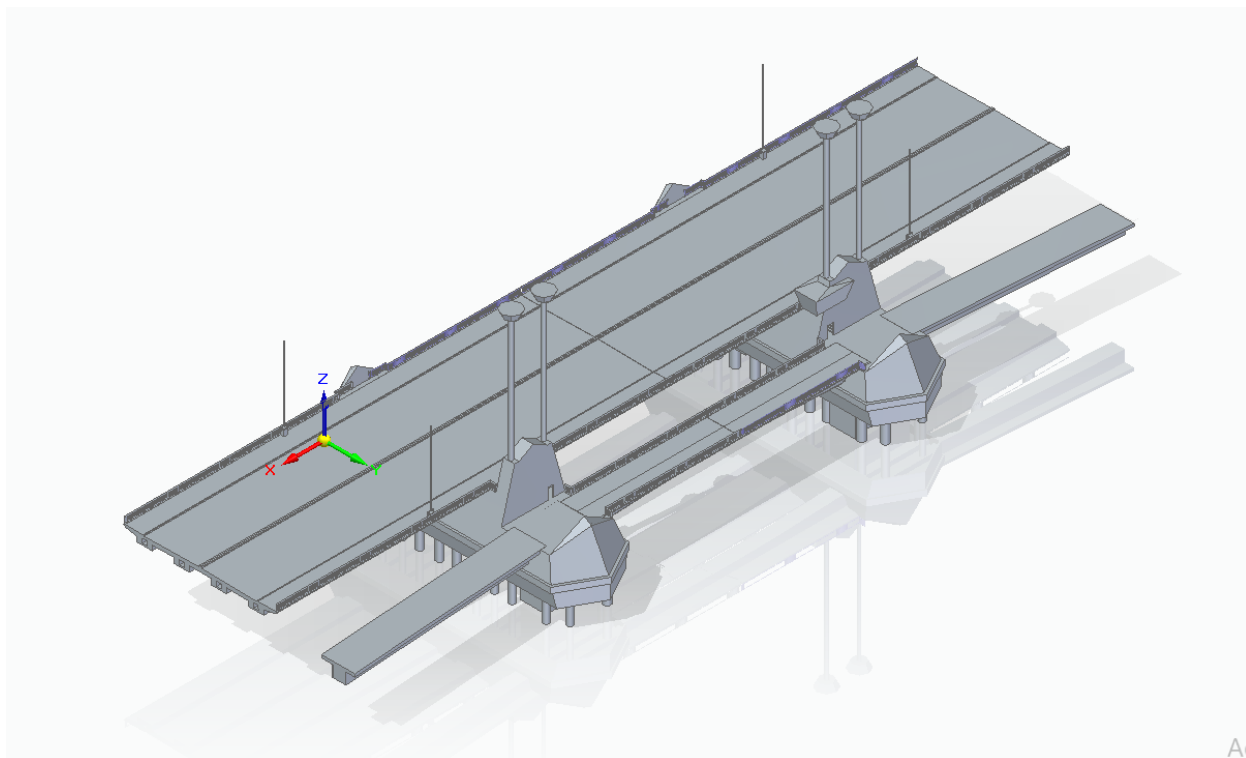


Ilustración 93. Vista aérea el puente completo aguas abajo.

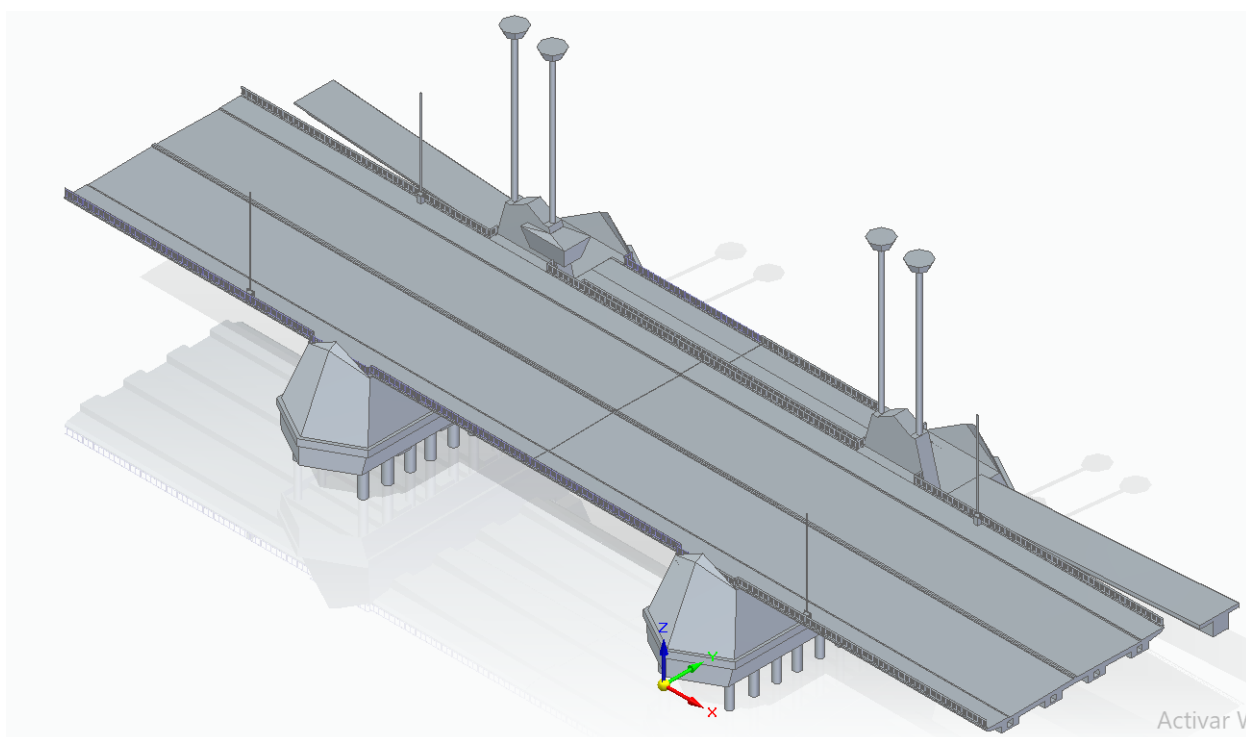


Ilustración 94. Vista aérea del puente completo aguas arriba.

#### **4.4 BLOQUE IV: Visualización del modelo en KeyShot.**

Al terminar el modelo 3D, en SolidEdge, para situarlo en su entorno he utilizado el programa KeyShot, un software 3D de renderizado y animación.

Fue también un descubrimiento pues nunca lo había utilizado.

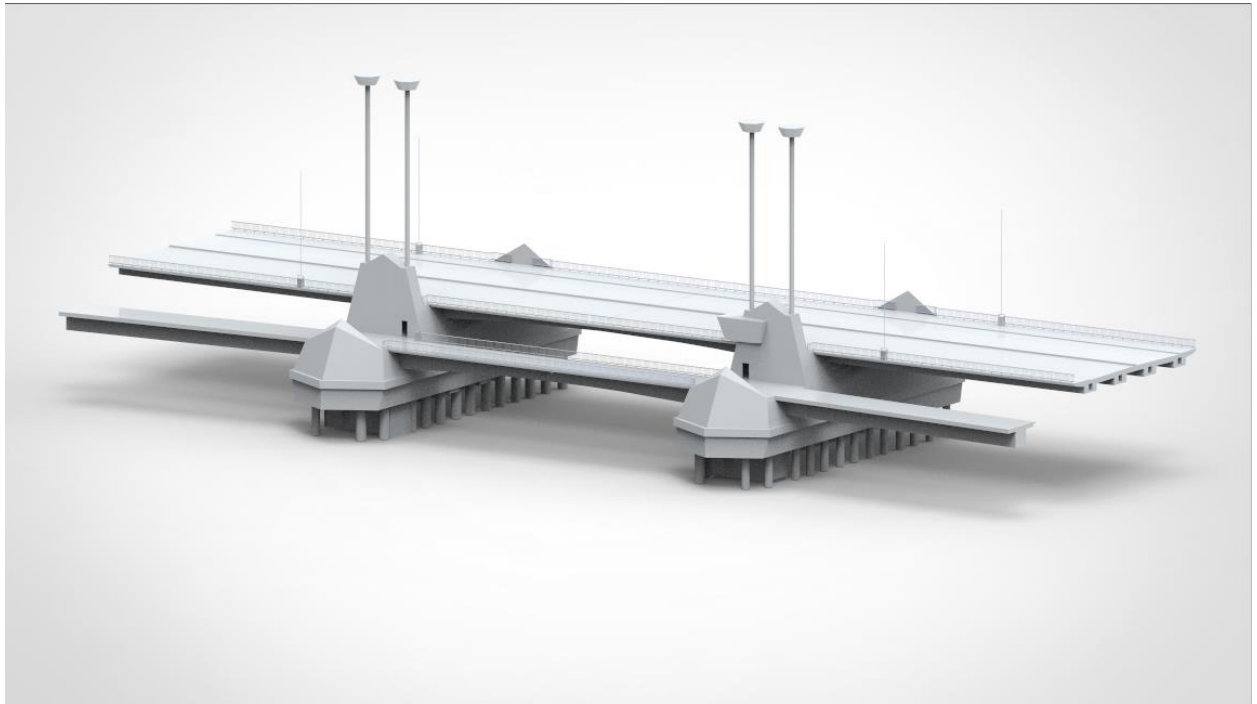


Ilustración 95. Vista abajo arriba en el programa Keyshot.

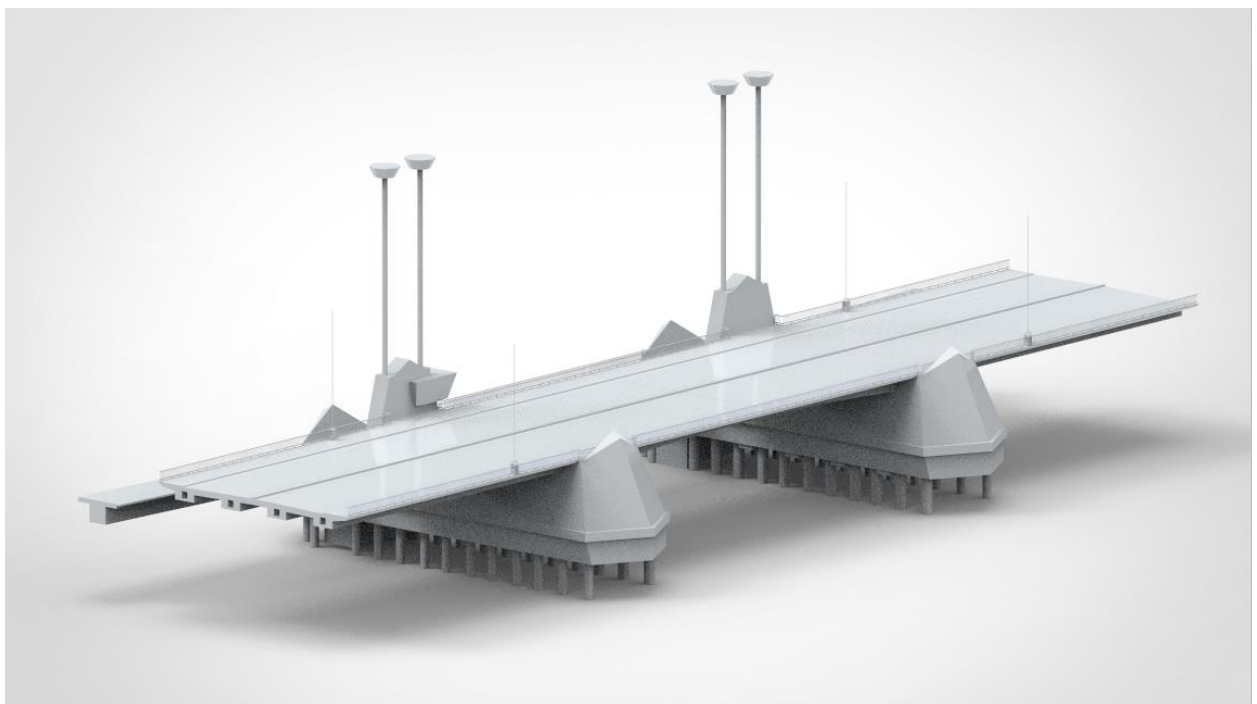


Ilustración 96. Vista aguas abajo en Keyshot.



A continuación, he introducido una galería de imágenes, realizadas en Keyshot, del puente en su ubicación real.



Ilustración 97. Ubicación real del puente Las Delicias (Vista en planta).



Ilustración 98. Ubicación real del puente de Las Delicias. (Puente V Centenario al fondo).





Ilustración 99. Ubicación real del puente de Las Delicias. (Vista aguas abajo).



Ilustración 100. Ubicación real del de Las Delicias. (Vista aguas arriba).

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

---

Ilustración 1. Vista del puente en construcción.	1
Ilustración 2. Vista del puente durante una crecida.	1
Ilustración 3. Planos del puente Alfonso XIII. Fuente: Revista Iberoamericana nº394.	2
Ilustración 4. Vista de los restos del puente desmontado en su ubicación actual.	2
Ilustración 5. Restos del puente, alzado y planta con los elementos eliminados.	3
Ilustración 6. Puente del V Centenario. Fuente: Sevilla.dnsalias.com.	4
Ilustración 7. Puente de las Delicias. Fuente: crucerosensevilla.com.	5
Ilustración 8. Puente de los Remedios. Fuente: es.wikipedia.org.	5
Ilustración 9. A la izquierda, tenemos el puente móvil de San Telmo, a la derecha la fotografía actual. Fuente: loboquirce.blogspot.com.	6
Ilustración 10. Puente de Isabel II. Fuente: andalucia.org.	6
Ilustración 11. Puente del Cristo de la Expiración.	7
Ilustración 12. Pasarela de la Cartuja.	7
Ilustración 13. Puente de la Barqueta.	8
Ilustración 14. Puente del Alamillo.	8
Ilustración 15. Plano de la red ferroviaria de Sevilla en 1992.	9
Ilustración 16. Puente Erasmusbrug.	10
Ilustración 17. Tower Bridge.	10
Ilustración 18. Puente Hörnbrücke.	11
Ilustración 19. Puente de la Mujer.	11
Ilustración 20. Puente en Memoria de George Coleman.	12
Ilustración 21. Pasarela Rolling Bridge.	12
Ilustración 22. Puente Pegasus.	13
Ilustración 23. Pont Levant de Notre Dame.	13
Ilustración 24. Calaberas pasando bajo el puente de Las Delicias y puente de Alfonso XIII.	14
Ilustración 25. Planta general del proyecto. Fuente: Ayto. de Sevilla. Gerencia de Urbanismo.	15
Ilustración 26. Solución estudiada del puente móvil con desplazamiento vertical. Abierto y cerrado. Fuente: Libro “Los puentes sobre el Guadalquivir en Sevilla”.	16
Ilustración 27. Plano General del proyecto, aguas arriba y aguas abajo, con el puente cerrado. Fuente: Libro “Los puentes sobre el Guadalquivir en Sevilla”.	16
Ilustración 28. Leonardo Fernández Troyano.	17
Ilustración 29. Javier Manterola Armisen.	17
Ilustración 30. Puente basculante Estacio.	18
Ilustración 31. Puente basculante Albatros.	18
Ilustración 32. Puente basculante Caucau.	19

Ilustración 33. Pasarela móvil de Lowry en Salford.	19
Ilustración 34. Sondeos Geotécnicos. Fuente: Ayto. de Sevilla. Gerencia de Urbanismo.	22
Ilustración 35. Alzado y secciones del puente. Fuente: Libro “Los puentes sobre el Guadalquivir en Sevilla”.	23
Ilustración 36. Tramo Móvil Viario. Sección tipo y definición de cantos. Fuente: Ayto. de Sevilla. Gerencia de Urbanismo.	25
Ilustración 37. Tramo Móvil FFCC. Sección tipo y definición. Fuente: Ayto. de Sevilla. Gerencia de Urbanismo.	25
Ilustración 38. Alzado lado vano móvil (Pila 1). Fuente: Ayto. de Sevilla. Gerencia de Urbanismo.	26
Ilustración 39. Alzado lado vano fijo (Pila 1). Fuente: Ayto. de Sevilla. Gerencia de Urbanismo.	27
Ilustración 40. Alzado aguas abajo y arriba (Pila 1). Fuente: Ayto. de Sevilla. Gerencia de Urbanismo.	27
Ilustración 41. Definición Geométrica Estribo 1. Fuente: Ayto. de Sevilla. Gerencia de Urbanismo.	28
Ilustración 42. Definición Geométrica Estribo 2. Fuente: Ayto. de Sevilla. Gerencia de Urbanismo.	28
Ilustración 43. Montaje de las pilas.	30
Ilustración 44. Sala de Máquinas. Interior de la pila.	31
Ilustración 45. Montaje de un semivano móvil con la grúa flotante.	32
Ilustración 46. Tablero ferroviario listo para colocar.	32
Ilustración 47. Hojas levadizas colocadas.	33
Ilustración 48. Sección tipo del tablero ferroviario. Fuente: Ayto. de Sevilla. Gerencia de Urbanismo.	36
Ilustración 49. Sección tipo del tablero viario. Fuente: Ayto. de Sevilla. Gerencia de Urbanismo.	37
Ilustración 50. Estado del puente durante el parón de julio de 1990. Fuente: Periódico ABC.	38
Ilustración 51. Estado del puente durante la lluvia del 21 de noviembre de 1990. Fuente: Periódico ABC.	39
Ilustración 52. Periódico ABC 24/11/1996.	40
Ilustración 53. Periódico ABC 28/05/1999.	40
Ilustración 54. Periódico ABC 23/02/2001.	41
Ilustración 55. Periódico ABC 28/03/2006.	41
Ilustración 56. Periódico ABC 16/03/2008.	41
Ilustración 57. Periódico ABC del año 2010.	42
Ilustración 58. Periódico ABC 28/12/2011.	42
Ilustración 59. Periódico ABC 05/06/2012.	43
Ilustración 60. Periódico ABC 08/07/2013.	43
Ilustración 61. Periódico ABC 23/09/2014.	44
Ilustración 62. Periódico ABC 28/05/2015.	44
Ilustración 63. Deterioro de la calzada y del acerado.	45
Ilustración 64. Deterioro de las pilas.	45
Ilustración 65. Deterioro de la casetilla de control.	45
Ilustración 66. Deterioro de la vía de ferrocarril.	45
Ilustración 67. Reparaciones del puente de Las Delicias.	46

Ilustración 68. Submarino Tramontana bajo el puente de Las Delicias.	47
Ilustración 69. Patrullero de Altura “Centinela” pasando bajo el puente de Las Delicias.	47
Ilustración 70. Llegada del buque de acción marítima al Puerto de las Delicias.	47
Ilustración 71. Alzado y planta general.	49
Ilustración 72. Plano puntos de cálculo para la geometría.	49
Ilustración 73. Mitad pila maciza.	50
Ilustración 74. Sección longitudinal de la pila.	51
Ilustración 75. Pila terminada.	51
Ilustración 76. Perfil de los tableros. (Viario arriba y ferrocarril abajo).	52
Ilustración 77. Tablero viario recto.	52
Ilustración 78. Mitad de tablero viario con canto variable.	52
Ilustración 79. Vista de los tableros de canto variable.	53
Ilustración 80. Alzado de los tableros del puente.	53
Ilustración 81. Alzado aguas abajo del puente de Las Delicias.	54
Ilustración 82. Perfil pila 2 del puente de Las Delicias.	54
Ilustración 83. Alzado aguas arriba del puetne de Las Delicias.	55
Ilustración 84. Perfil pila 1 puente de Las Delicias.	55
Ilustración 85. Vista inferior del puente de Las Delicias.	56
Ilustración 86. Vista de los pilotes y los tableros por la parte inferior.	56
Ilustración 87. Vista lateral del puente aguas abajo.	57
Ilustración 88. Vista lateral del puente aguas arriba.	57
Ilustración 89. Vista aérea el puente completo aguas abajo.	58
Ilustración 90. Vista aérea del puente completo aguas arriba.	58
Ilustración 91. Vista abajo arriba en el programa Keyshot.	59
Ilustración 92. Vista aguas abajo en Keyshot.	59
Ilustración 93. Ubicación real del puente Las Delicias (Vista en planta).	60
Ilustración 94. Ubicación real del puente de Las Delicias. (Puente V Centenario al fondo).	60
Ilustración 95. Ubicación real del puente de Las Delicias. (Vista aguas abajo).	61
Ilustración 96. Ubicación real del de Las Delicias. (Vista aguas arriba).	61



# ÍNDICE DE TABLAS

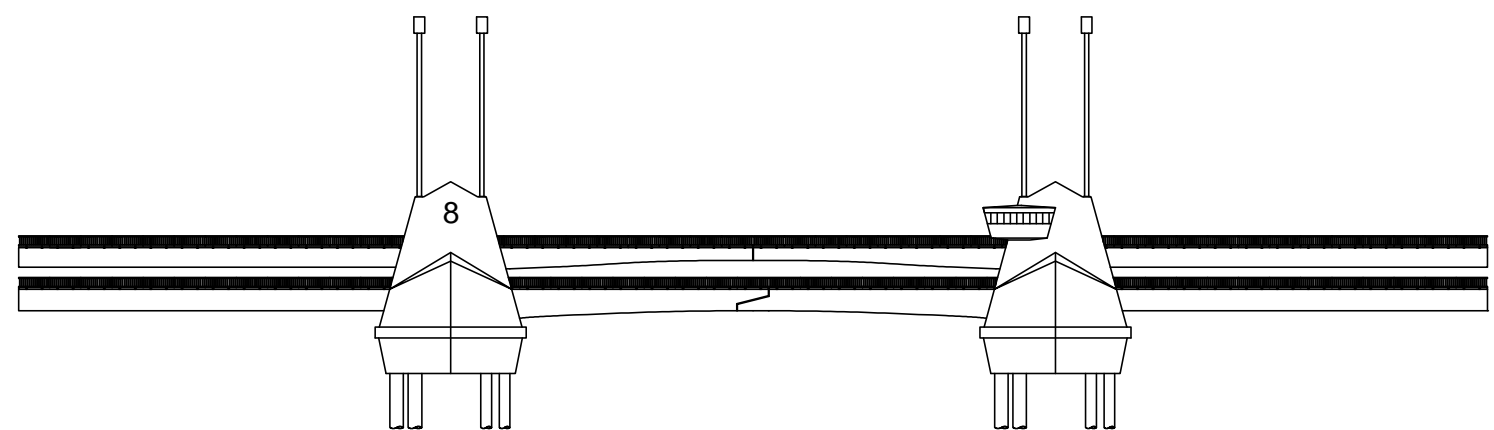
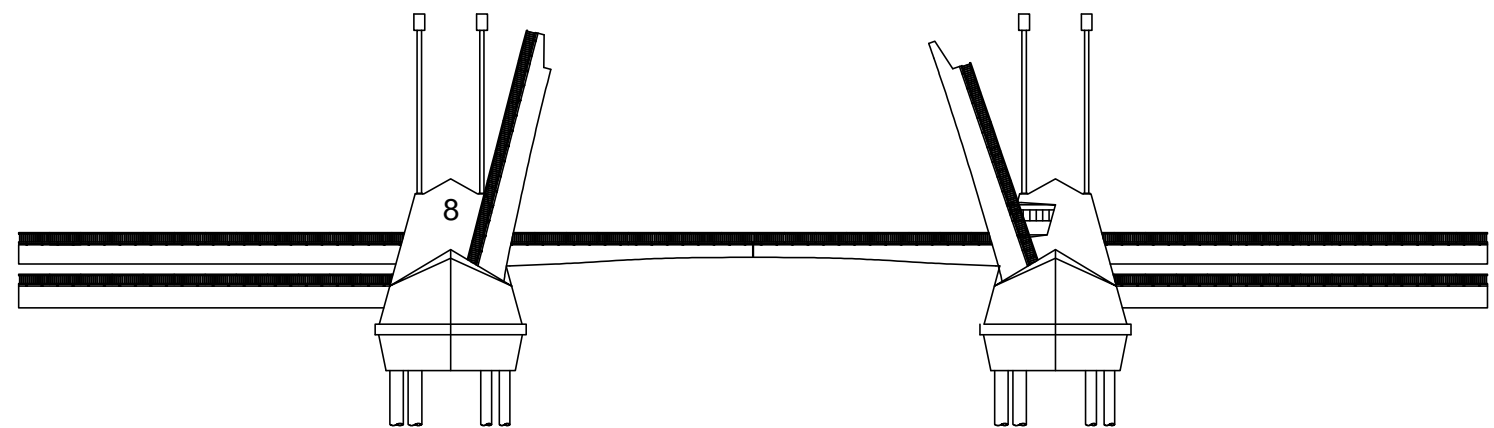
---

Tabla 1. Geotecnia del terreno bajo las pilas.	20
Tabla 2. Geotecnia del terreno en la margen derecha.	21
Tabla 3. Geotecnia del terreno en la margen izquierda.	21
Tabla 4. Características geotécnicas de las margas azules.	22
Tabla 5. Esfuerzos en el centro del vano del tablero ferroviario.	37
Tabla 6. Esfuerzos en el centro del vano del tablero viario.	37
Tabla 7. Puntos de cálculo sección longitudinal puente de Las Delicias.	50

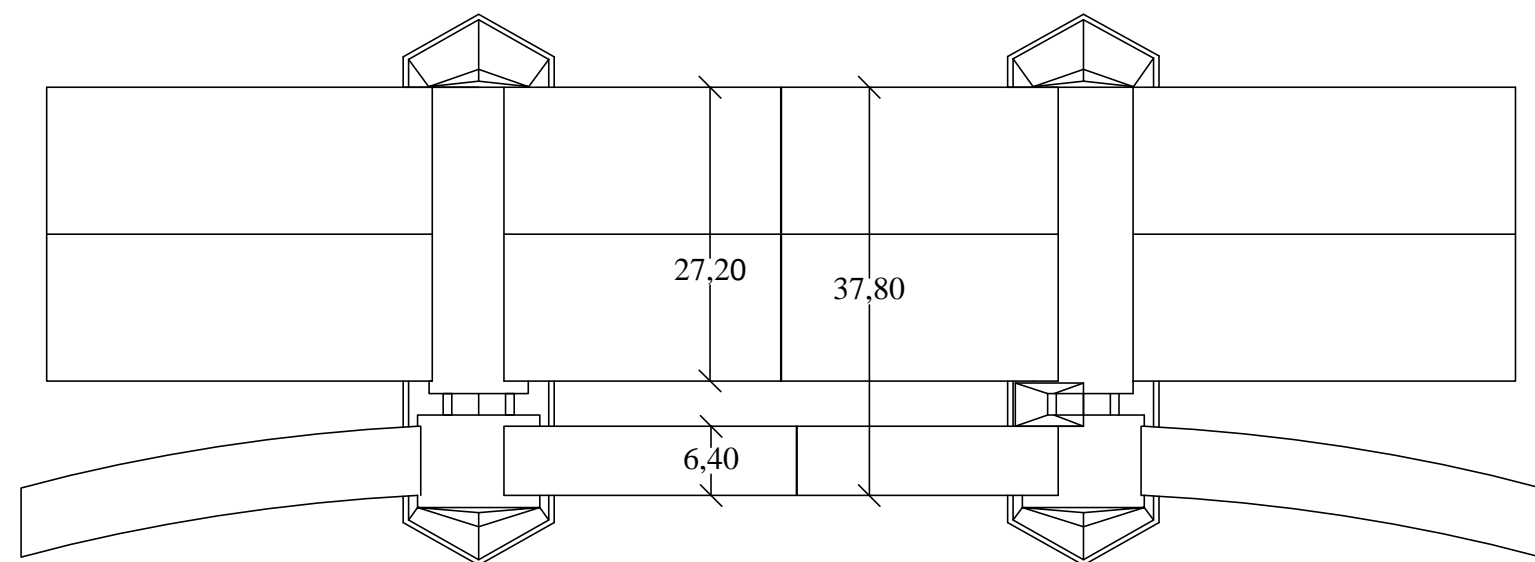
# LISTA DE PLANOS

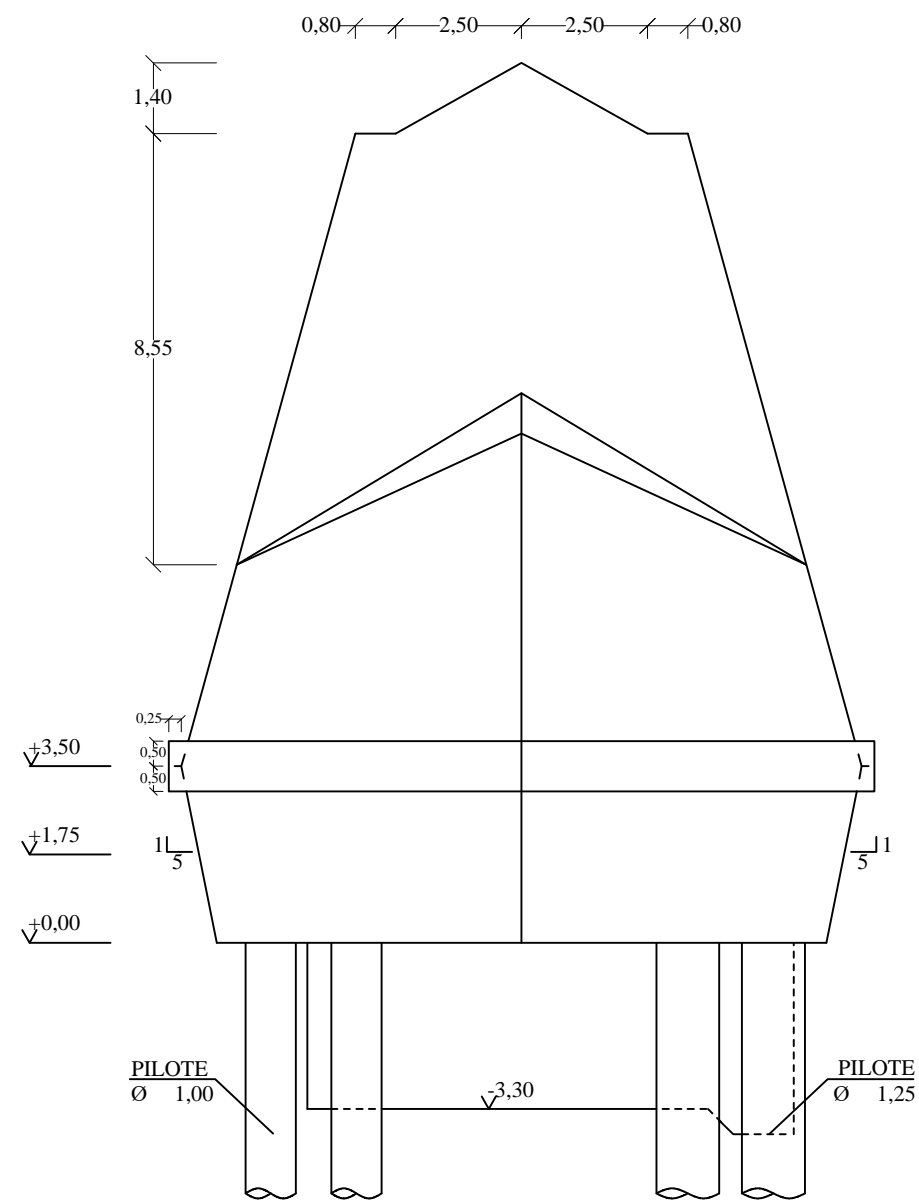
---

Nº PLANO	NOMBRE	ESCALA
01	Plano general (Puente Abierto)	1:700
02	Alzado aguas abajo y aguas arriba (Pila 1)	1:150
03	Secciones transversales lado F.F.C.C (Pila 1)	1:150
04	Alzado lado vano móvil (Pila 1)	1:150
05	Alzado lado vano fijo (Pila 1)	1:150
06	Torre definición geométrica (Pila 1)	1:150
07	Alzado aguas abajo y aguas arriba (Pila 2)	1:150
08	Secciones transversales lado F.F.C.C (Pila 2)	1:150
09	Alzado lado vano móvil (Pila 2)	1:150
10	Alzado lado vano fijo (Pila 2)	1:150
11	Torre definición geométrica (Pila 2)	1:150

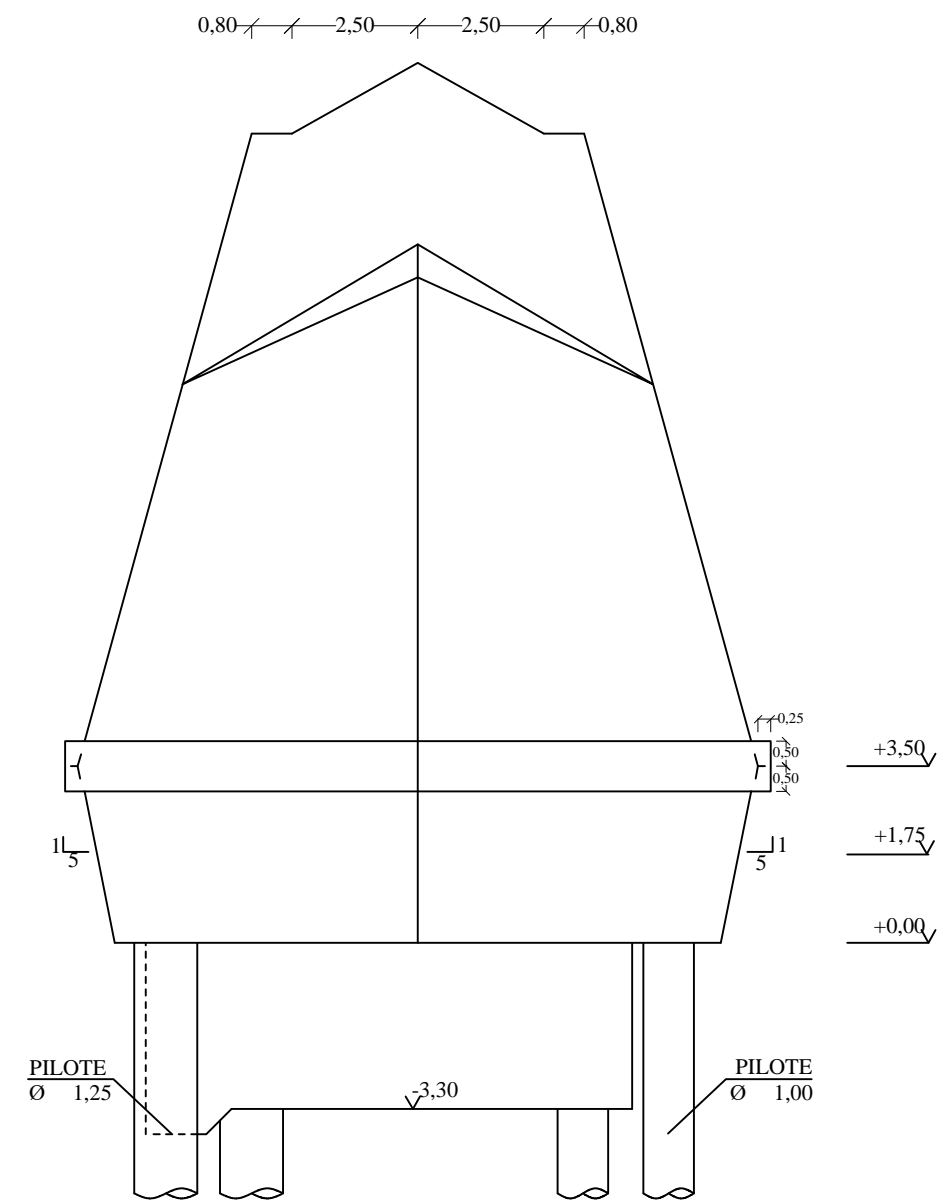


42,40 56,00 42,40

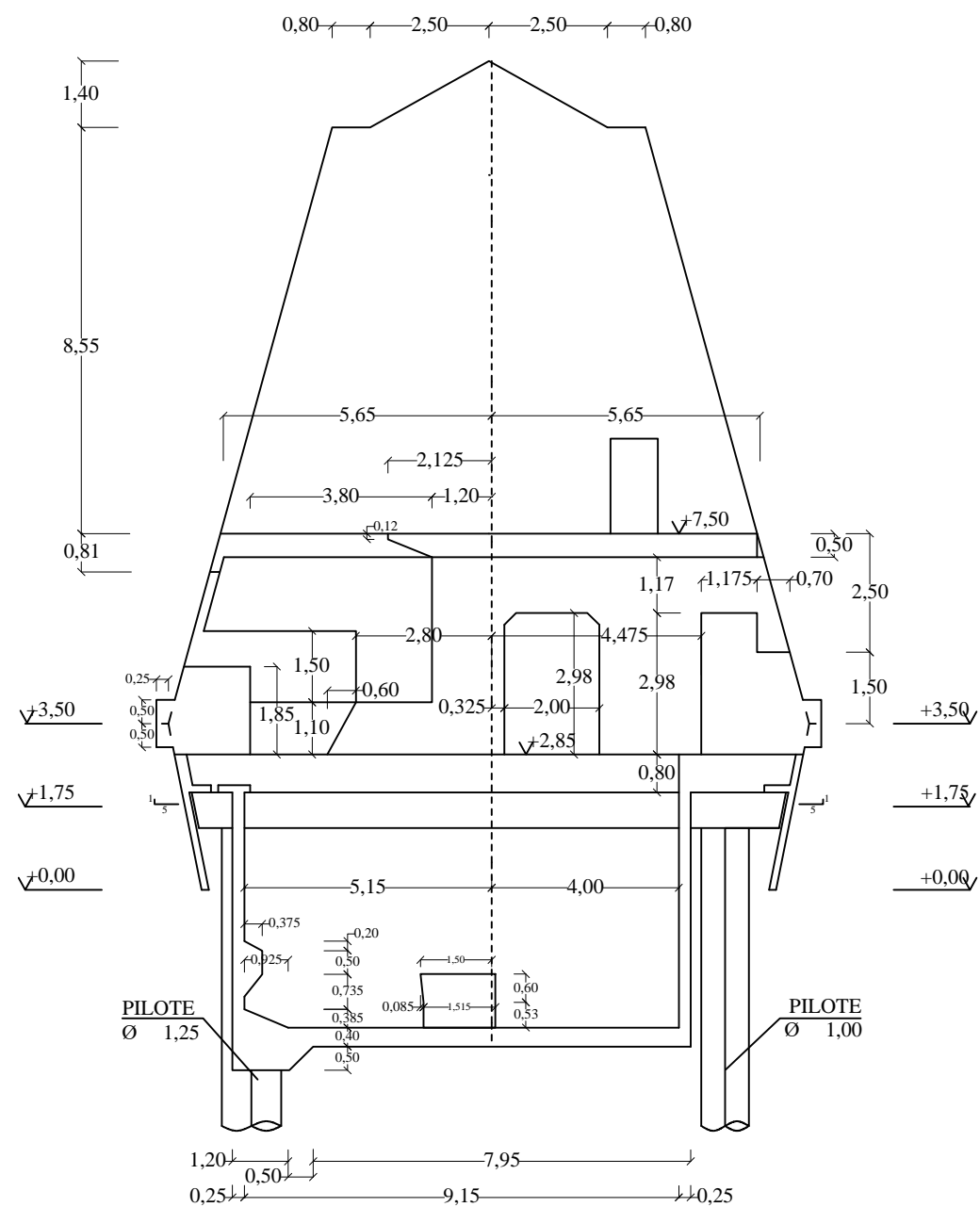




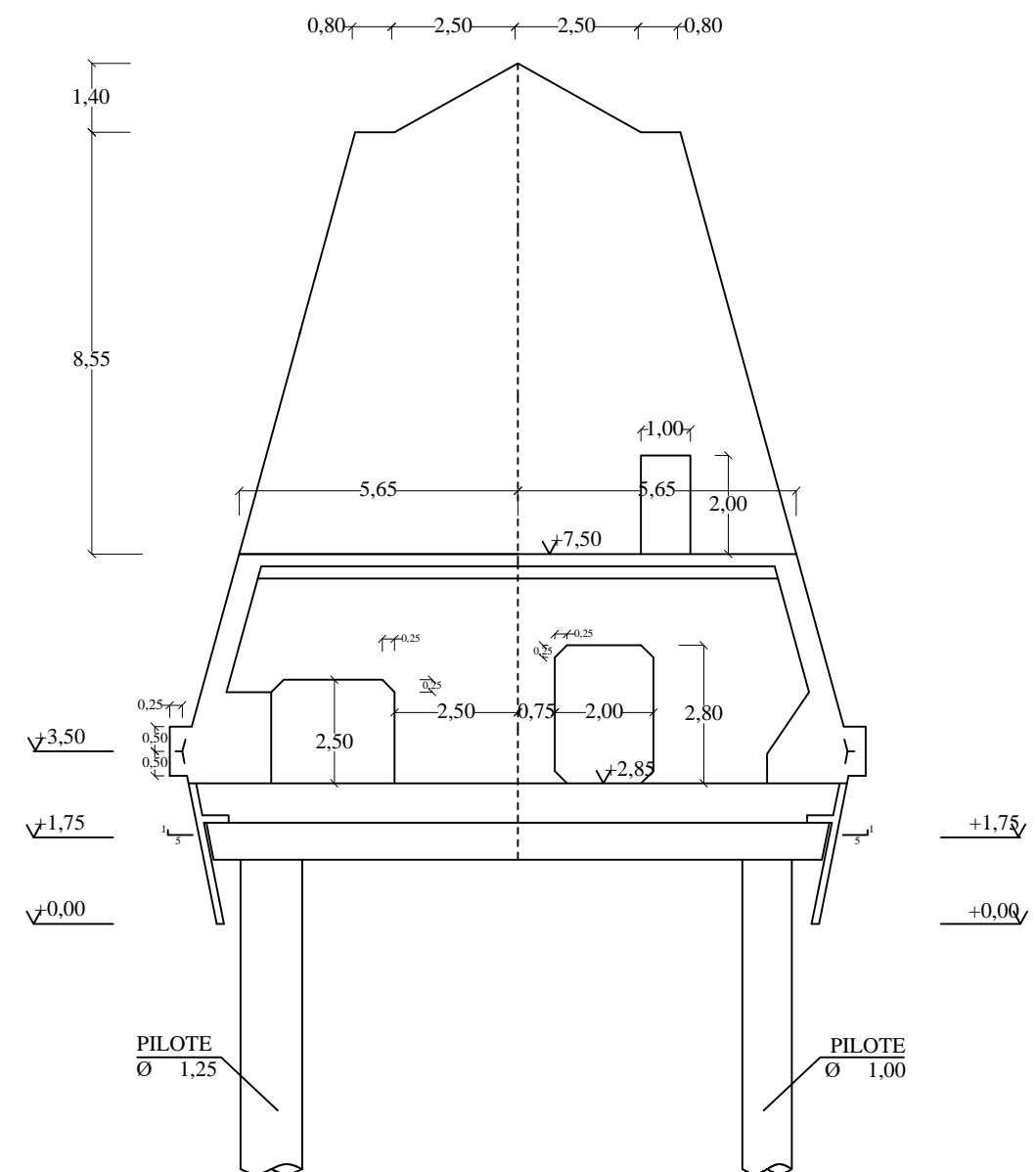
ALZADO AGUAS ABAJO



ALZADO AGUAS ARRIBA

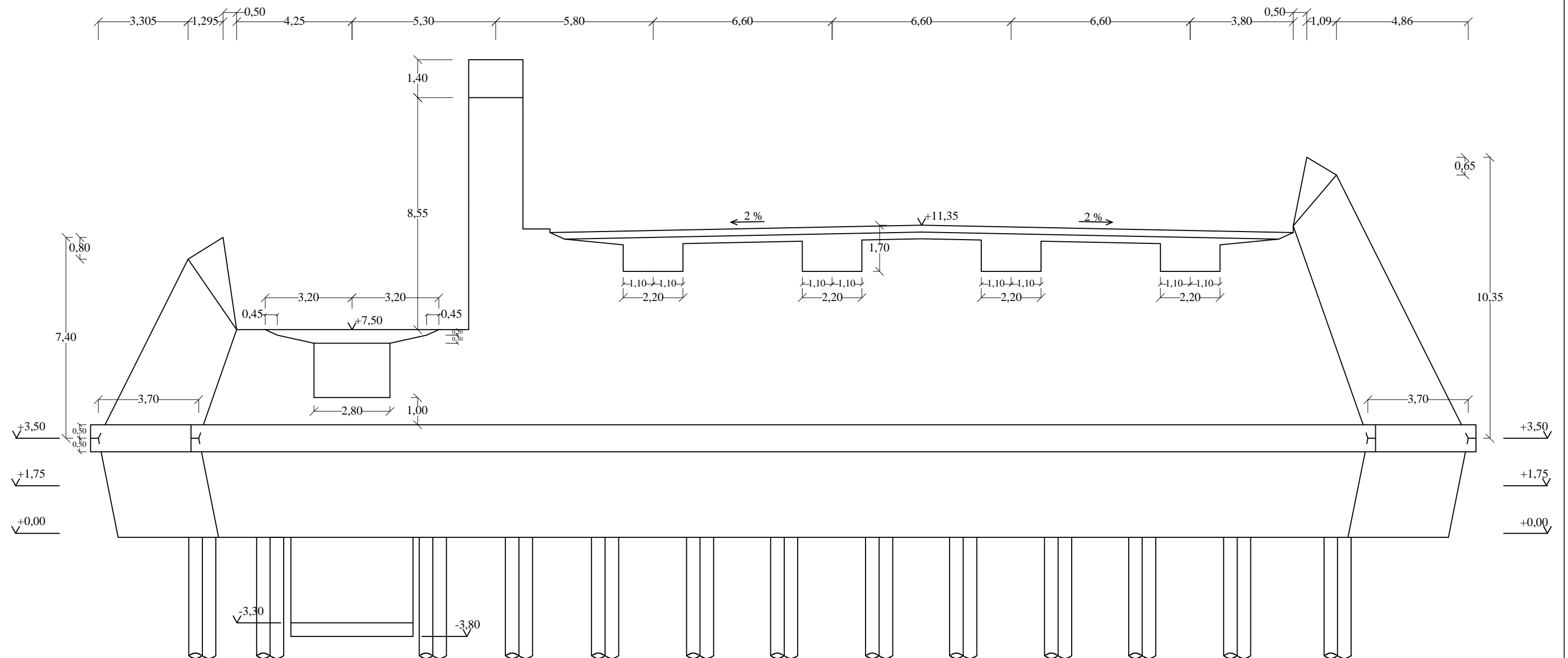


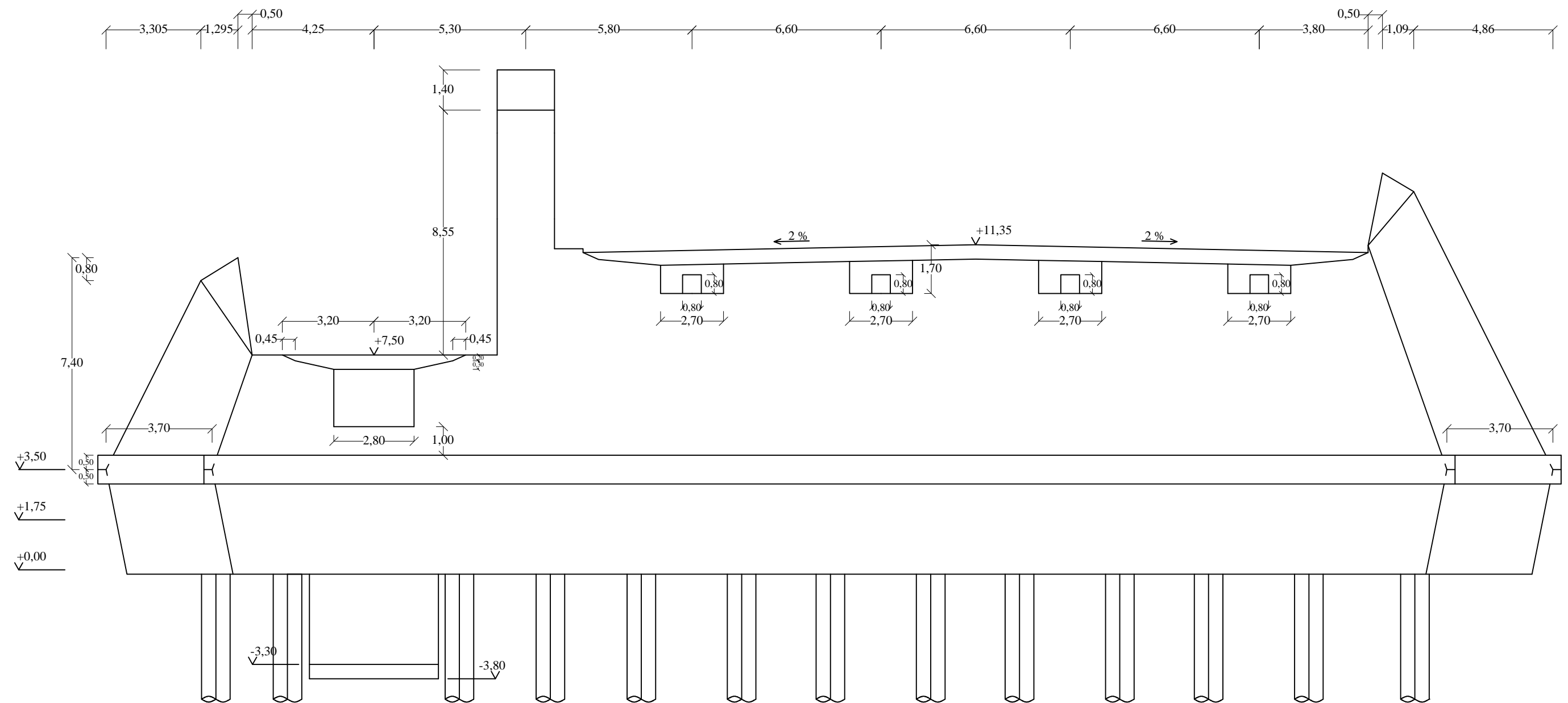
SECCIÓN TRANSVERSAL ZONA F.F.C.C.

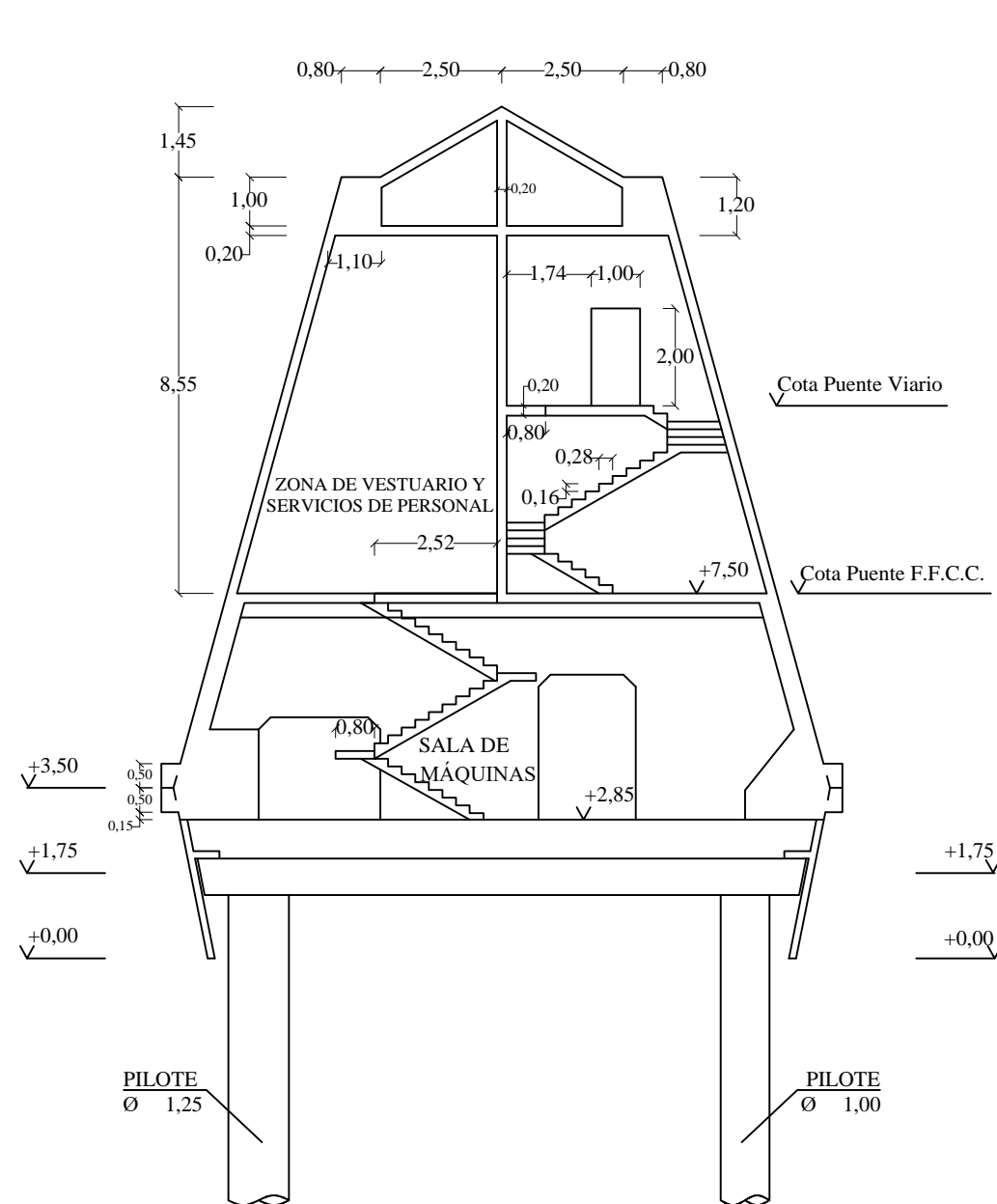


SECCIÓN TRANSVERSAL ZONA SALA DE MÁQUINAS

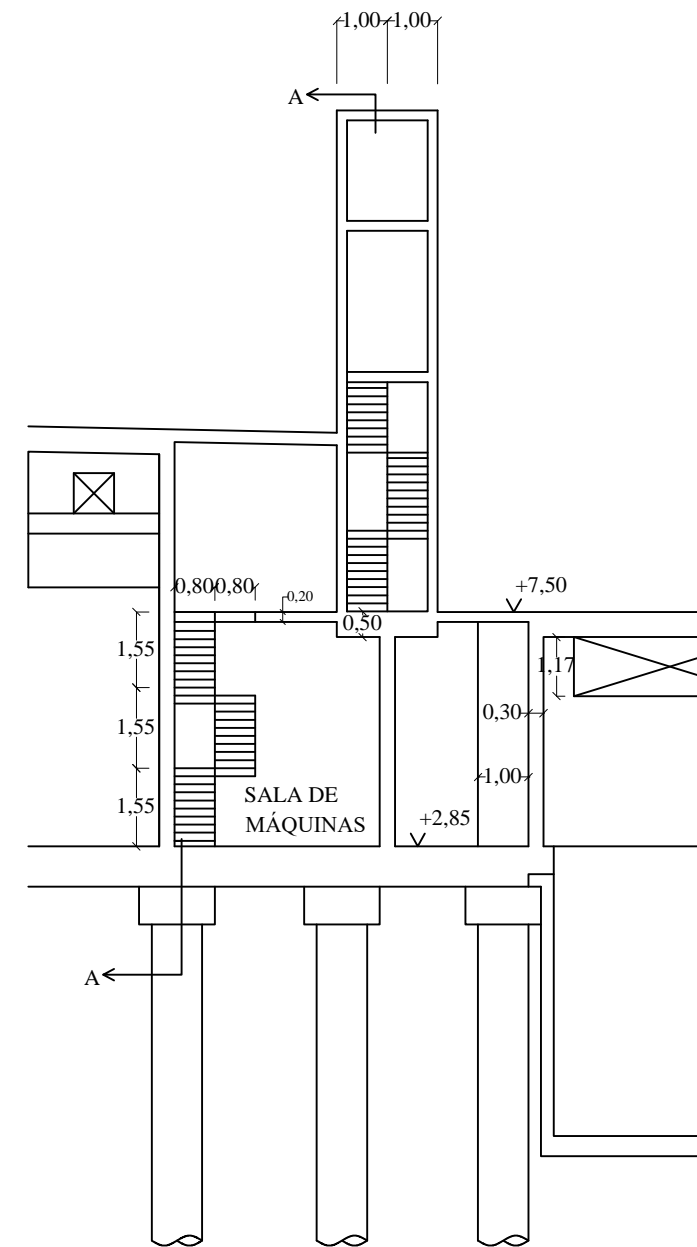




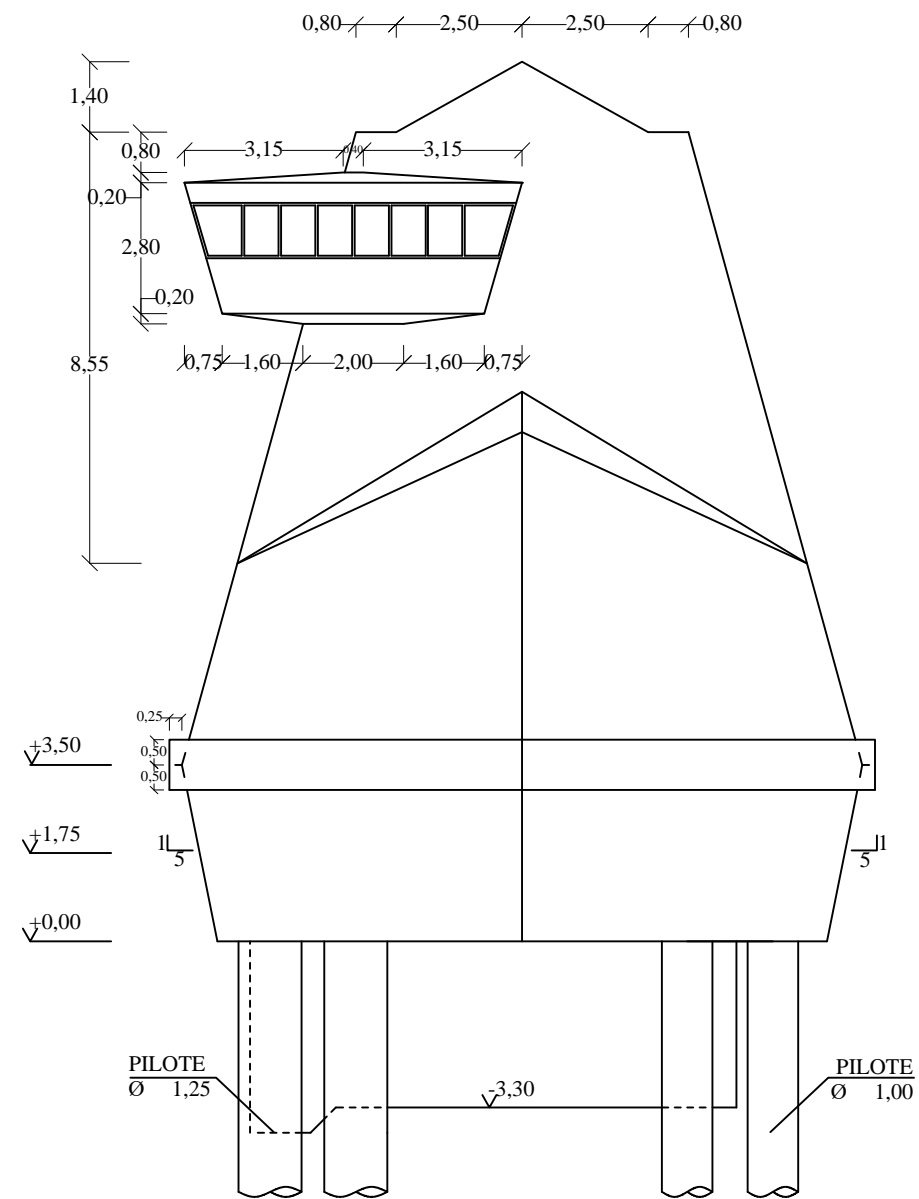




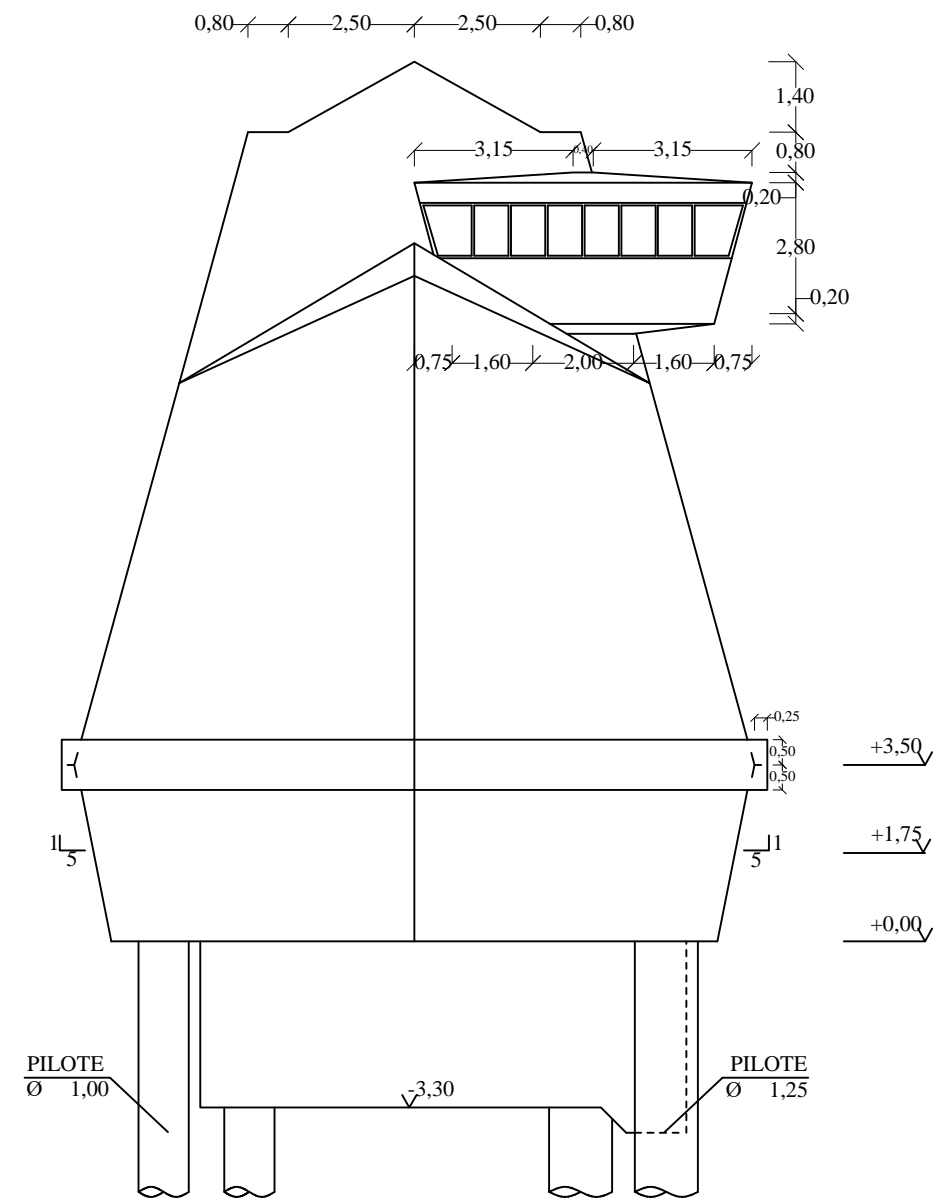
SECCIÓN A-A



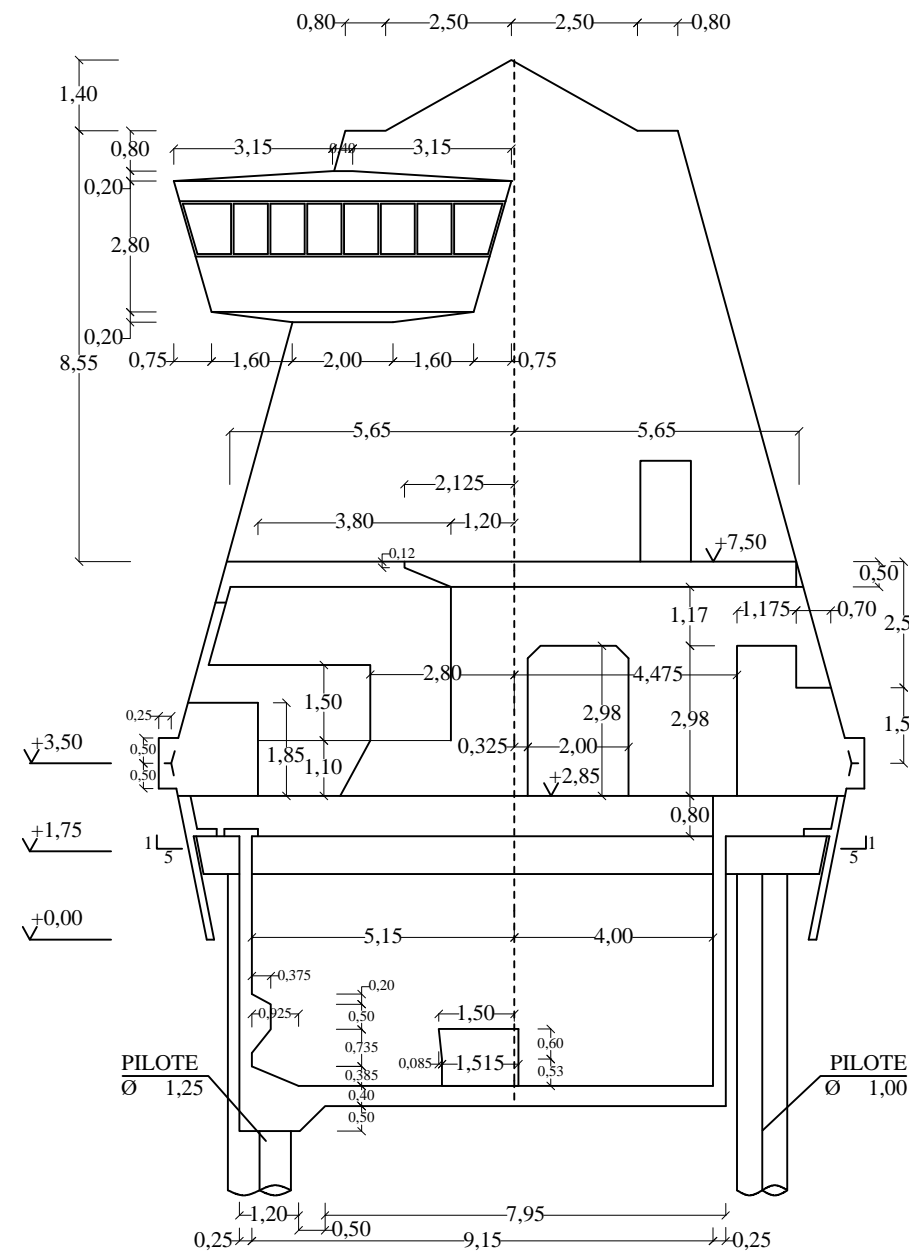
SECCIÓN LONGITUDINAL ZONA TORRE



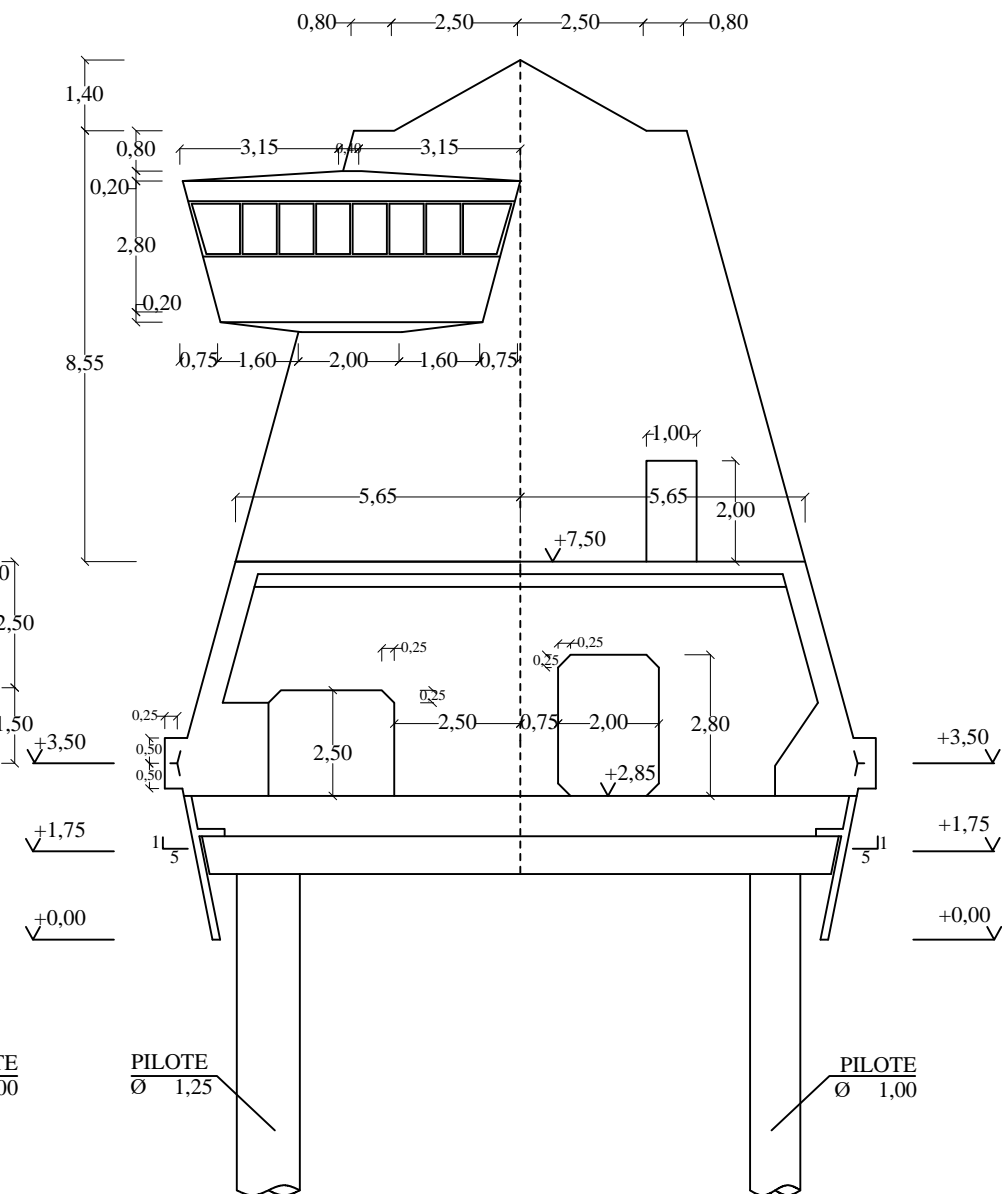
ALZADO AGUAS ABAJO



ALZADO AGUAS ARRIBA

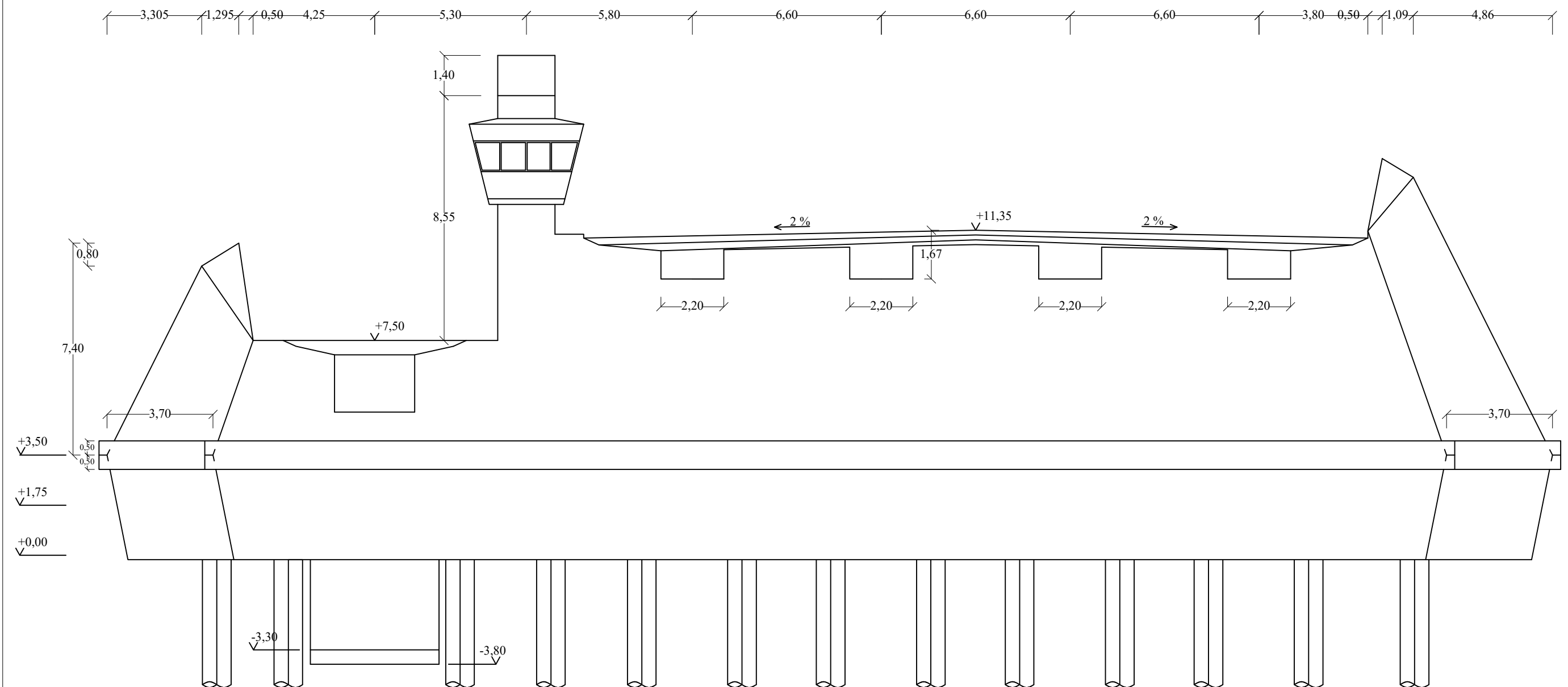


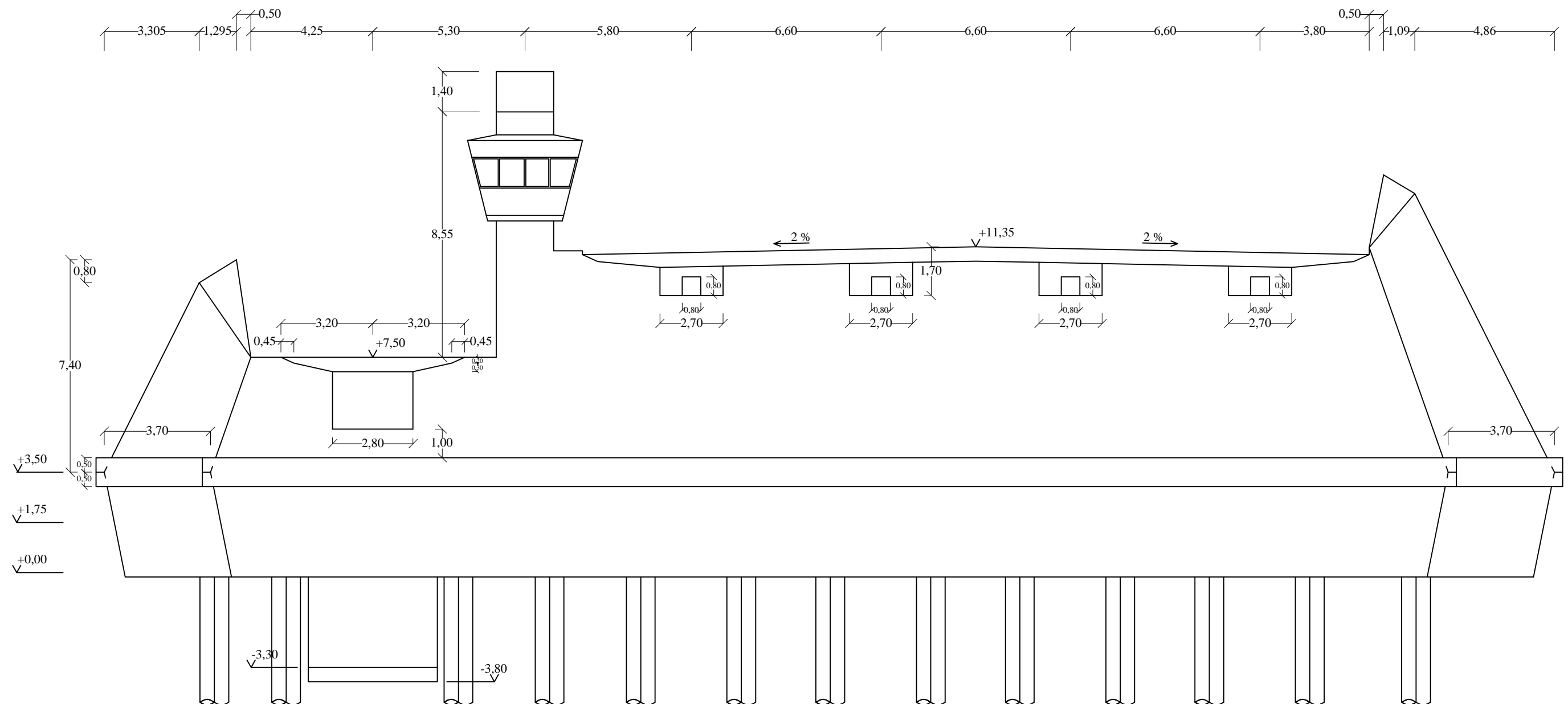
SECCIÓN TRANSVERSAL ZONA F.F.C.C.

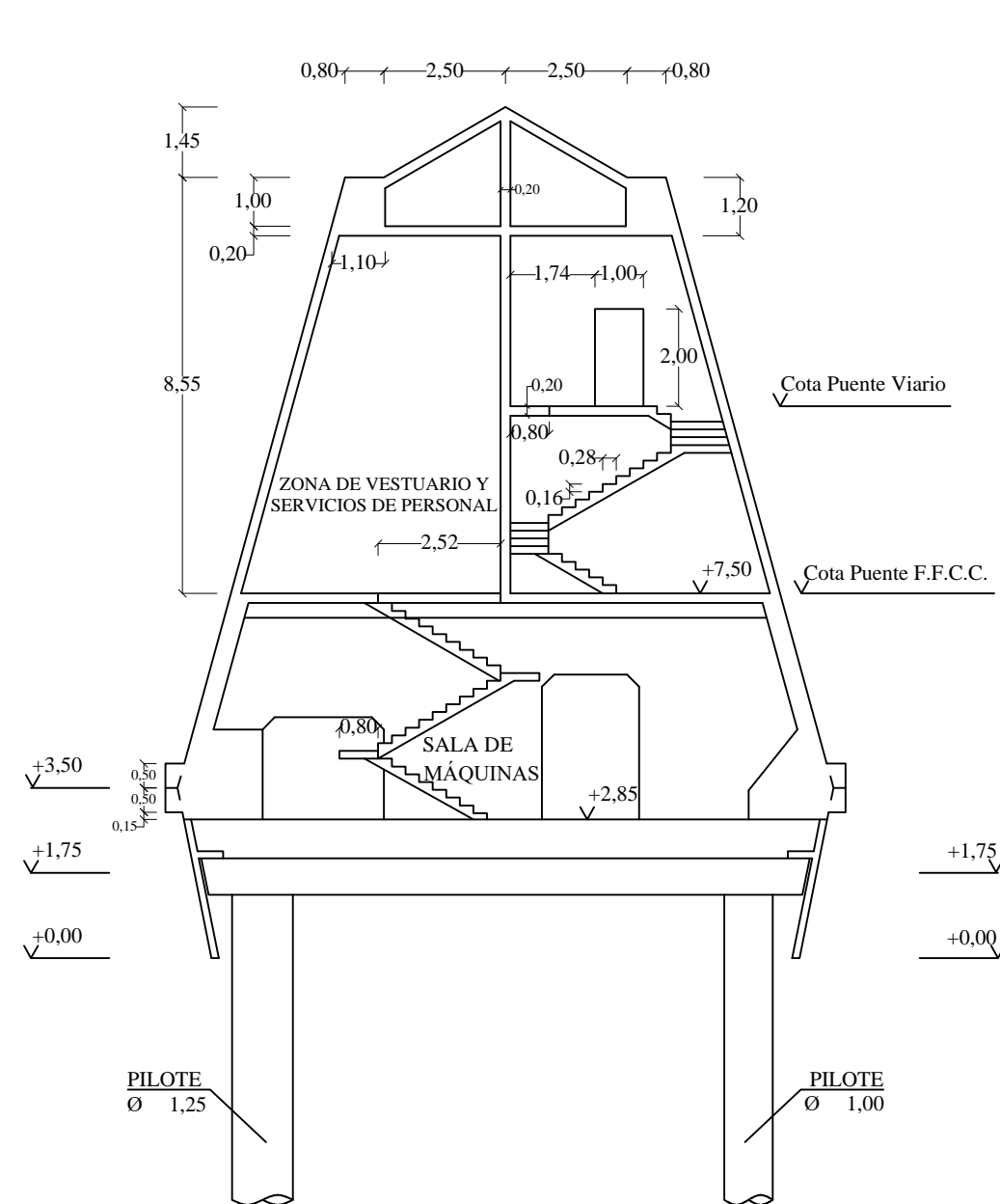


SECCIÓN TRANSVERSAL ZONA SALA DE MÁQUINAS

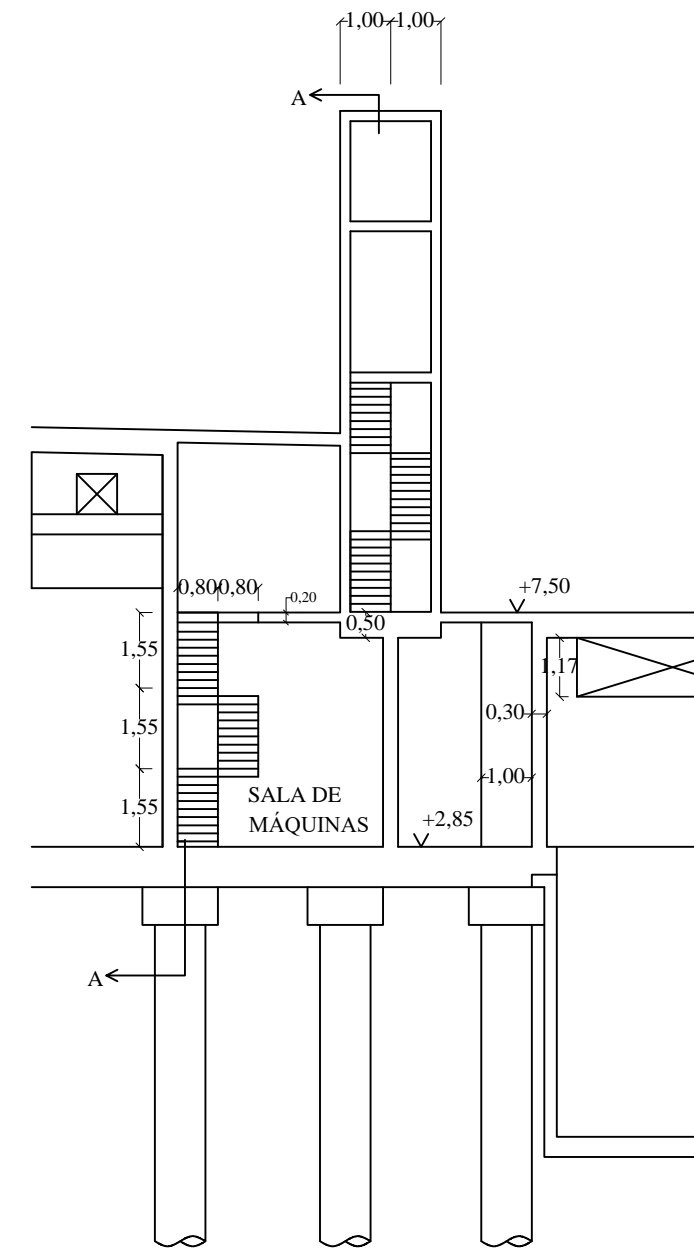








SECCIÓN A-A



SECCIÓN LONGITUDINAL ZONA TORRE

# CONCLUSIONES

---

Durante la elaboración de este trabajo he podido sacar algunas conclusiones sobre la estética, ubicación y otros aspectos importantes del puente de estudiado.

- He aprendido sobre la historia reciente de las infraestructuras de Sevilla en el contexto de las Exposiciones celebradas en dicha ciudad en 1929 (Iberoamericana) y en 1992 (Universal).
- Es interesante saber que se trata del único puente en Sevilla diseñado por el prestigioso ingeniero Javier Manterola.
- Podemos encontrar planos del puente, escaneados por Gerencia de Urbanismo del Ayuntamiento de Sevilla, que ahora van a poder estar al alcance de cualquier persona que necesite consultarlos.
- Se define las distintas zonas en que se divide el interior de la pila, donde se alojan los mecanismos de elevación.

Llevar a cabo este trabajo con el Programa SolidEdge y no con otro tipo de programa ha tenido sus ventajas y sus inconvenientes:

- He podido aprender un nuevo programa, no habitual en la ingeniería civil, pero que también resulta adecuado en este ámbito.
- Este software es utilizado específicamente en ingeniería mecánica, aunque se ha demostrado que también es útil en ingeniería civil, sobre todo en el ámbito de puentes levadizos, ya que se tratan de mecanismos a gran escala.

# BIBLIOGRAFÍA

---

- [1] Los puentes sobre el Guadalquivir en Sevilla. Sevilla: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1999. Print.
- [2] «*Visita a los puentes sobre el Guadalquivir en la ciudad de Sevilla con Ginés Aparicio*».  
<https://www.youtube.com/watch?v=81z0Lg8aVsA&t=950s>.
- [3] «*Puentes sobre el Guadalquivir para la Sevilla de la Expo 92*».  
[https://www.youtube.com/watch?v=\\_52DP6NMQKM](https://www.youtube.com/watch?v=_52DP6NMQKM)
- [4] WIKIPEDIA. «*Puente del Centenario*».  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Puente\\_del\\_Centenario](https://es.wikipedia.org/wiki/Puente_del_Centenario)
- [5] SEVILLANISMO. «*Puentes de Sevilla: Puente de Las Delicias*».  
<http://www.sevillanismo.es/puentes-sevilla/puente-delicias-sevilla.html>
- [6] WIKIPEDIA. «*Puente de Los Remedios (Sevilla)*».  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Puente\\_de\\_Los\\_Remedios\\_\(Sevilla\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Puente_de_Los_Remedios_(Sevilla))
- [7] AUTORIDAD PORTUARIA DE SEVILLA. «*El Plan Brackenbury*».  
[http://portal.apsevilla.com/wps/portal/puerto\\_es/historiaSevilla\\_es?WCM\\_GLOBAL\\_CONTEXT=/APS/puerto\\_sevilla/elpuertosevilla/historiabreve/segundamodernizacion/contHistoriaBrackenbury](http://portal.apsevilla.com/wps/portal/puerto_es/historiaSevilla_es?WCM_GLOBAL_CONTEXT=/APS/puerto_sevilla/elpuertosevilla/historiabreve/segundamodernizacion/contHistoriaBrackenbury)
- [8] BLOG STRUCTURALIA. «*Puentes móviles: tipos y ejemplos (parte I)* ».  
<https://blog.structuralia.com/puentes-moviles-tipos-y-ejemplos-parte-i>
- [9] BLOG STRUCTURALIA. «*Puentes móviles: tipos y ejemplos (parte II)*».  
<https://blog.structuralia.com/puentes-moviles-tipos-y-ejemplos-ii-parte>
- [10] PLASENCIA, Pedro (2013). «*Puente del Estacio*».  
<http://www.puentemania.com/1456>
- [11] BLOG STRUCTURALIA. «*El Puente Albatros: el primer puente basculante de América Latina*».  
<https://blog.structuralia.com/el-puente-albatros-el-primer-puente-basculante-de-america-latina>



- [12] WIKIPEDIA. «*Puente Caucau*».  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Puente\\_Caucau](https://es.wikipedia.org/wiki/Puente_Caucau)
- [13] MARTIN, Luis (2012). «*Pasarela de Lowry*».  
<http://www.puentemania.com/7032>
- [14] WIKIPEDIA. «*The Lowry*».  
[https://es.wikipedia.org/wiki/The\\_Lowry](https://es.wikipedia.org/wiki/The_Lowry)
- [15] DOMÍNGUEZ ARJONA, Julio (2003). «*La Sevilla que no vemos. El Puente de Alfonso XIII. El malquerido Puente de Hierro*».  
<http://www.galeon.com/juliodominguez/2003/puhi.html>
- [16] DOMÍNGUEZ ARJONA, Julio (2012). «*La Sevilla que no vemos. El Puente de Las Delicias de Sevilla*».  
<http://www.galeon.com/juliodominguez/2012/delicias.html>
- [17] «*Los Puentes sobre el Río Guadalquivir en Sevilla*».  
<http://foros.embalses.net/showthread.php/13269-Los-Puentes-sobre-el-R%C3%ADo-Guadalquivir-en-Sevilla>
- [18] O. Gil, «*El Puente de Alfonso XIII de Sevilla: análisis patrimonial*».  
<http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/5927/7059>
- [19] DÍAZ OLIVER, David (2019). «*Revisión al puente de Las Delicias*».  
<http://www.sevillaen360.es/blogsevilla/3182-revision-al-puente-de-las-delicias>
- [20] ÁVILA, Alejandro, SERRANO, Luis (2017). «*Récord de puentes: Y la Expo miró al otro lado del río (Guadalquivir)*».  
[https://www.eldiario.es/andalucia/expo92/lado-rio\\_0\\_620488774.html](https://www.eldiario.es/andalucia/expo92/lado-rio_0_620488774.html)
- [21] GAVIRA NARVÁEZ, Antonio. «*Evolución y perspectivas para el desarrollo territorial de las infraestructuras ferroviarias en la provincia de Sevilla*».  
[https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/42032/TFM\\_Antonio\\_Gavira.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/42032/TFM_Antonio_Gavira.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [22] ÁLVAREZ CORRAL, Jaime (2017). «*Se inaugura el Puente de las Delicias*».  
<http://www.legadoexposevilla.org/se-inaugura-el-puente-de-las-delicias/>
- [23] LA VOZ DORMIDA. «*Puentes sobre el Guadalquivir (Sevilla Expo 92)*».  
<http://blogs.canalsur.es/documentacionyarchivo/puentes-sobre-el-guadalquivir-para-la-sevilla-de-la-expo-92/>

- [24] VENEGAS, Julián (2017). «*El deterioro del puente de Las Delicias*».  
[https://www.diariodesevilla.es/sevilla/deterioro-puente-Delicias\\_3\\_1142915698.html#slide-22](https://www.diariodesevilla.es/sevilla/deterioro-puente-Delicias_3_1142915698.html#slide-22)
- [25] GRUPO IMESAPI. «*Adaptación del puente de Las Delicias a nuevos requerimientos*».  
<https://www.imesapi.com/adaptacion-del-puente-de-las-delicias-a-nuevos-requerimientos/>
- [26] RODRÍGUEZ, Victor (2019). «*El submarino “Tramontana”, en Sevilla por el día de las Fuerzas Armadas*».  
[https://www.diariodesevilla.es/sevilla/submarino-Tramontana-rumbo-Sevilla-dia-fuerzas-armadas\\_0\\_1359464371.html](https://www.diariodesevilla.es/sevilla/submarino-Tramontana-rumbo-Sevilla-dia-fuerzas-armadas_0_1359464371.html)
- [27] PRÁCTICOS DEL PUERTO DE SEVILLA. «*Corporación de prácticos del Puerto de Sevilla y ría del Guadalquivir, S.L.P.*».  
<http://practicodesevilla.es/galeria>
- [28] VÁZQUEZ, Juan Carlos (2017). «*El Puente de las Delicias estará cerrado por obras*».  
[https://www.diariodesevilla.es/sevilla/Puente-Delicias-cerrado-obras\\_0\\_1142886138.html](https://www.diariodesevilla.es/sevilla/Puente-Delicias-cerrado-obras_0_1142886138.html)
- [29] <http://practicodesevilla.es/images/galerias/00000087.jpg>
- [30] [https://www.cfcsl.com/wp-content/uploads/2014/04/CV\\_Leonardo\\_Fernandez\\_Troyano.pdf](https://www.cfcsl.com/wp-content/uploads/2014/04/CV_Leonardo_Fernandez_Troyano.pdf)
- [31] «*Hemeroteca ABC*» 24 noviembre 1996.  
<http://hemeroteca.sevilla.abc.es/nav/Navigate.exe/hemeroteca/sevilla/abc.sevilla/1996/11/24/012.html>
- [32] «*Hemeroteca ABC*» 28 mayo 1999.  
<http://hemeroteca.sevilla.abc.es/nav/Navigate.exe/hemeroteca/sevilla/abc.sevilla/1999/05/28/008.html>
- [33] «*Hemeroteca ABC*» 23 febrero 2001.  
<http://hemeroteca.sevilla.abc.es/nav/Navigate.exe/hemeroteca/sevilla/abc.sevilla/2001/02/23/047.html>
- [34] «*Hemeroteca ABC*» 28 marzo 2006.  
<http://hemeroteca.sevilla.abc.es/nav/Navigate.exe/hemeroteca/sevilla/abc.sevilla/2006/03/28/010.html>
- [35] «*Hemeroteca ABC*» 16 marzo 2008.  
<http://hemeroteca.sevilla.abc.es/nav/Navigate.exe/hemeroteca/sevilla/abc.sevilla/2008/03/16/021.html>
- [36] «*Hemeroteca ABC*» 14 marzo 2010.  
<http://hemeroteca.sevilla.abc.es/nav/Navigate.exe/hemeroteca/sevilla/abc.sevilla/2010/03/14/026.html>

[37] «*Hemeroteca ABC*» 28 diciembre 2011.

<http://hemeroteca.sevilla.abc.es/nav/Navigate.exe/hemeroteca/sevilla/abc.sevilla/2011/12/28/025.html>

[38] «*Hemeroteca ABC*» 05 junio 2012.

<http://hemeroteca.sevilla.abc.es/nav/Navigate.exe/hemeroteca/sevilla/abc.sevilla/2012/06/05/027.html>

[39] «*Hemeroteca ABC*» 08 julio 2013.

<http://hemeroteca.sevilla.abc.es/nav/Navigate.exe/hemeroteca/sevilla/abc.sevilla/2013/07/08/025.html>

[40] «*Hemeroteca ABC*» 23 septiembre 2014.

<http://hemeroteca.sevilla.abc.es/nav/Navigate.exe/hemeroteca/sevilla/abc.sevilla/2014/09/23/025.html>

[41] «*Hemeroteca ABC*» 28 mayo 2015.

<http://hemeroteca.sevilla.abc.es/nav/Navigate.exe/hemeroteca/sevilla/abc.sevilla/2015/05/28/008.html>

[42] «*Croquis 3D Planos Inclinados*».

<https://www.youtube.com/watch?v=sS4lgpCoexU>

[43] «*Furo inclinado no SolidEdge*».

[https://www.youtube.com/watch?v=Fx\\_nRKgMx-g](https://www.youtube.com/watch?v=Fx_nRKgMx-g)

[44] «*BOCETO: Plano Paralelo, en Ángulo y Perpendicular en SolidEdge*».

<https://www.youtube.com/watch?v=G-vVXUT8fvQ>

[45] GARCÍA, J. A. (2018). «*El Puerto de Sevilla retrasa el corte del puente de las delicias por el temporal*

[https://www.diariodesevilla.es/sevilla/Puerto-Sevilla-retrasa-Delicias-temporal\\_0\\_1227177962.html](https://www.diariodesevilla.es/sevilla/Puerto-Sevilla-retrasa-Delicias-temporal_0_1227177962.html)